MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE MASS.

Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen

herausgegeben

von der

Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel

und der

Biologischen Anstalt auf Helgoland.

Im Auftrage des

Königl. Ministeriums für Landwirthschaft, Domänen und Forsten und des Königl. Ministeriums der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten.

Neue Folge. Sechster Band.

Abtheilung Kiel.

Mit 6 Tafeln und 14 Figuren im Text.

Kiel und Leipzig.
Verlag von Lipsius & Tischer.
1902.

Inhalt.

Seite

Beitrag zur Kenntniss von Chantransia efflorescens J. Ag. sp. Von E. Lehmann . . . 1

Ueber zwei denitrificirende Bakterien aus der Ostsee. Von E. Baur 9

Ueber den Stoffwechsel im Meere, 2. Abhandlung. Von K. Brandt 23

Altersbestimmung durch Otolithen bei den Clupeiden. Von J. Jenkins 81

Bericht über die chemische und physikalische Untersuchung des Seewassers und die Aufstellung der neuen Hydrographischen Tabellen. Von M. Knudsen C. Forch und S. Sörensen 123

Untersuchungen über den Bau von Beggiatoa mirabilis Cohn. Von G. Hinze 185

Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Entwickelung von Fischeiern. Von J. Reibisch 213

Nachtrag zu der Arbeit über die quantitative Untersuchung der kleineren Planktonorganismen in Bd. V der wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen. Von V. Hensen . . . 233

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE, MASS.
LIBRARY

Beitrag zur Kenntniss

von

Chantransia efflorescens J. Ag. sp.

Von

Ernst Lehmann.

Hierzu Taf. I.

Unter den Algen, welche Anfang Mai 1901 bei Gelegenheit einer Exkursion des Kieler botanischen Institutes auf der dortigen Föhrde gesammelt wurden, fand ich eine *Chantransia,* welche nach Vergleichung mit den Exemplaren des Institutsherbariums wie nach den vorliegenden Litteraturangaben [1–4]) zu *Chantransia efflorescens* J. Ag. spec. zu stellen ist, eine Alge, welche von Reinke [5]) in seiner Algenflora als häufig für die westliche Ostsee bezeichnet wird. Da ich eingehende Angaben über äusseren Bau sowohl als über Zellinhalt in der Litteratur nicht fand, so soll beides in folgender Mittheilung kurz behandelt werden.

Unter den charakteristischen Merkmalen der genannten Art ist besonders hervorzuheben, dass die Carpogone und Antheridien an ein und derselben Pflanze, die Sporangien dagegen an anderen Pflanzen auftreten.

Von der ihr sonst nahe stehenden *Chantransia microscopica* (Naeg.) Fosl. [6, 7]) unterscheidet sich unsere Species ausserdem noch durch die durchschnittlich 40—60 μ langen, dabei aber nur 5—7 μ breiten Zellen. *Ch. microscopica* zeigt im Gegensatz dazu Zellen, die bei 6—8 μ Breite nur eine Länge von 9 μ erreichen, oder in der Varietät *collopoda* Kolderup Rosenvinges [4]) bei der gleichen Breite bis 28 μ lang werden. Die Kuckuck'sche [8]) Varietät *pygmaea* zeichnet sich durch noch dünnere Zellen aus als die Stammart. Uebrigens finden sich bei *Ch. microscopica* und Varietäten ca. 350 μ lange Haargebilde [9]), welche ich bei *Ch. efflorescens* nie beobachten konnte.

Der Verbreitungsbezirk von *Ch. efflorescens* und ihrer Varietäten erstreckt sich über die nordischen Meere.

Reinke [5]) giebt in seiner Algenflora folgende allgemeine Verbreitung an: „Vom nördlichen Eismeer längs der skandinavischen Küste bis zum Kattegat". Sodann werden speziellere Standorte im Gebiete der westlichen Ostsee aufgezählt.

---

[1]) J. G. Agardh. Species, genera et ordines Algarum 2. 1851. pg. 15.

[2]) F. R. Kjellman. The Algae of the Arctic Sea. Kongel. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar. Bd. 20. Nr. 5. Stockholm 1883. pg. 129; vgl. auch die an dieser Stelle citirten Arbeiten desselben Autors.

[3]) H. H. Gran. Kristianiafjordens Algeflora. I. *Rhodophyceae* og *Phaeophyceae.* Vid. Selsk. Skrifter M. — N. Kl. 1896. Nr. 2. pg. 19.

[4]) L. Kolderup Rosenvinge. Deuxième mémoire sur les Algues marines du Groenland. pg. 40 ff.

[5]) J. Reinke. Algenflora der westlichen Ostsee deutschen Antheils. pg. 22.

[6]) Naegeli. Beiträge zur Morphologie und Systematik der *Ceramiaceae.* Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. II. Heft 3. München 1861. pg. 407.

[7]) C. A. L. Batters. Some new british marine algae. The Journal of Botany. January 1896. Vol. XXXIV. pg. 9.

[8]) P. Kuckuck. Bemerkungen zur marinen Algenvegetation von Helgoland. II. Wissenschaftl. Meeresuntersuchungen der deutschen Meere in Kiel und der biol. Anstalt auf Helgoland. Neue Folge Bd. II. Heft 1. 1897. pg. 391–92.

[9]) Kützing. Tabulae Phycologicae 1861. Bd. XI. pg. 19. Tab. 58.

Von Kjellman[1]) wird für *f. typica* das Skagerrak als Standort genannt.

Für *f. tenuis* geben Kjellman das nördliche Eismeer, Gran[2]) den Christianiafjord, Kolderup Rosenvinge[3]) den Scoresby Sund an.

Als Substrat werden die verschiedensten Algen genannt. Reinke fand die Pflanze auch auf *Flustra*.

Die von mir gefundene Form stammt aus der Strander Bucht in der Kieler Föhrde. Sie wächst daselbst fast ausschliesslich auf Steinen in einer Tiefe von reichlich 10 m und steht in den Massen zwischen den beiden obengenannten Formen. Sie erreicht im höchsten Falle eine Grösse von 2 mm. Auf Grund des Grössenunterschiedes, vor allem aber wegen des abweichenden Substrates schlage ich für sie die Bezeichnung *f. petrophila* vor[4]).

Chantransia efflorescens f. petrophila bildet 1,5—2 mm hohe Büschel, welche mittels einer breiten Haftscheibe an der Unterlage befestigt sind. Die Zellen dieser Haftscheibe sind bei weitem kürzer als die der aufrechten, aus dem Basalorgan hervorwachsenden Sprossen. Diese verzweigen sich wenig reichlich, meist einseitig, seltener unregelmässig. Opponirte Stellung vegetativer Zweige konnte ich nur einmal, und zwar nur an einer Sporangienpflanze konstatiren, wobei ich mich zu der Annahme berechtigt glaube, dass ursprünglich als Sporangien angelegte Zweige sich vegetativ fortgebildet haben; denn bei den Sporangien kommt opponirte Stellung häufig vor.

Die Anlage der Verzweigungen erfolgt stets am oberen Ende der Zelle, direkt unter der Wand der nächst höheren Zelle. Eine Ausnahme von dieser Regel konnte ich an normalen Pflanzen nicht konstatiren.

Der Winkel der Verzweigung beträgt ungefähr 30—40 °.

Der protoplasmatische Inhalt jeder einzelnen Zelle wird durch je einen Tüpfel mit dem Inhalte der benachbarten Zellen verbunden. Die Tüpfel sind durch Fuchsin leicht deutlich sichtbar zu machen.

Nach Färbung mit Hämalaun ist in jeder Zelle ein linsenförmiger Kern zu erkennen, dessen Grösse zwischen 1,5 und 2 μ schwankt. Im Leben wird die Beobachtung durch die den Kern verdeckenden Chromatophoren sehr erschwert. (s. Fig. 9).

Jede Zelle besitzt einen einzigen, hohlcylindrischen Chromatophoren, welcher vielfach gelappt, zertheilt und zerspalten, ab und zu auch an einem Ende spiralig gewunden, äusserst mannigfaltige Gestaltung zeigt. Die Einschnitte sind so tief, dass man bei einigermassen ungenauerem Zusehen den Eindruck nicht eines, sondern mehrerer Chromatophoren in jeder Zelle erhält. Aber die scheinbar einzelnen Chromatophoren sind durch schmale, oft sehr schwer

---

[1]) F. R. Kjellman. The Algae of the Arctic Sea. Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar. Bd. 20. Nr. 5. Stockholm 1883. pg. 129; vgl. auch die an dieser Stelle citirten Arbeiten desselben Autors.

[2]) H. H. Gran. Kristianiafjordens Algeflora. I. *Rhodophyceae* og *Phaeophyceae*. Vid. Selsk. Skrifter M. — N. Kl. 1896. Nr. 2. pg. 19.

[3]) L. Kolderup Rosenvinge. Deuxième mémoire sur les Algues marines du Groenland. pg. 40 ff.

[4]) Agardh benutzt den Unterschied des Substrates zur Eintheilung innerhalb seiner Gattung *Callithamnion* und scheidet: *Parasitae caespitosae nanae* und *Rupicolae caespitosae*. *Ch. efflorescens* stellt er zur ersten Untergruppe. Dennoch halte ich es für überflüssig, die auf Steinen gefundene *Ch. efflorescens* von den auf anderen Algen vorkommenden Exemplaren als neue Art zu trennen, da sie im äusseren Bau wie bezüglich des Zellinhaltes keine wesentliche Abweichungen von letzteren zeigt.

sichtbare Brücken untereinander verbunden. Die Grösse der Chromatophoren wechselt mit der Grösse der Zellen. (s. Fig. 5, 9 u. 11).

In den grösseren und älteren Zellen fallen neben den Chromatophoren runde tröpfchenartige Gebilde von verschiedener Grösse auf. Die kleineren sind durch die ganze Zelle hin zerstreut. Aeusserst regelmässig aber finden sich grössere Tröpfchen an beiden Enden der Zellen. (s. Fig. 11) [1]). In jüngeren Zellen sind diese Tröpfchen entweder schwerer zu sehen oder sie fehlen auch ganz. Soweit sich nach den angewandten Reaktionen bestimmtes sagen lässt, müssen diese Tröpfchen aus fettartiger Substanz bestehen; denn sie sind leicht löslich in Aether und Alkohol, bräunen sich dunkel mit Ueberosmiumsäure und geben mit den von Arthur Meyer [2]) angewandten Fettfarbstoffen die charakteristischen Färbungen. Sudan III (Amidoazobenzolazo β-naphtol) färbt sie roth, Dimethylamidoazobenzol aber gelb.

Stärke konnte ich trotz mehrfacher Versuche weder mit Chloraljod noch mit einem anderen Jodpräparat nachweisen. Es mag das vielleicht daran liegen, dass die Pflanze in starkem Wachsthum begriffen und während der Ausbildung der Reproduktionsorgane nicht zum Speichern von Stärke gelangt ist, ähnlich wie ich es bei *Rhodomela subfusca* beobachten konnte, in welcher während der Zeit des Wachsthums und der Ausbildung der Reproduktionsorgane keine Stärke nachweisbar war, während nach diesem Stadium Stärke in grosser Menge angetroffen wurde. Mindestens ebenso grosse Wahrscheinlichkeit hat meiner Meinung nach aber die Annahme, dass die Stärke in diesem Falle durch das Fett als Reservestoff vertreten wird.

Von Reproduktionsorganen konnte ich alle drei den Chantransien zukommenden Arten hier feststellen.

Monosporangien fanden sich an meinem Material am häufigsten. Sie bilden sich an besonderen Pflanzen aus im Gegensatz zu *Ch. corymbifera,* [3]) wo sie sowohl an männlichen, wie an weiblichen Exemplaren auftreten, und können in den verschiedensten Stellungen beobachtet werden. Sie werden bis 23 μ lang und haben eine Breite von ca. 8 μ.

Im einfachsten Falle schliesst ein einzelnes Sporangium einen Zweig ab. (s. Fig. 1.) Sodann kommt es vor, dass zwei Sporangien an einer Stützzelle gebildet werden, derart, dass das eine einer nach oben weiter wachsenden vegetativen Zelle, das andere einer seitlich auswachsenden Zelle entspräche. (s. Fig. 2.) Weiter ist zu beobachten, dass noch ein seitliches Sporangium mehr hinzu kommen kann, wodurch Opposition auftritt, die ich, wie schon oben bemerkt, nur bei Sporangien feststellen konnte. Schiebt sich zwischen Seitensporangien und Stützzelle noch eine vegetative Zelle ein, so erhalten wir abermals zwei opponirte, aber jetzt gestielte Sporangien. (s. Fig. 3.) In der weiteren Entwickelung kann sich die Anordnung der

[1]) Auf eine gewisse Regelmässigkeit in der Vertheilung von Oeltröpfchen bei Diatomeen macht Lauterborn aufmerksam. Er sagt auf Seite 30 seiner Untersuchungen über Bau, Kerntheilung und Bewegung der Diatomeen: „Bei *Navicula cuspidata* fand ich ziemlich regelmässig vier grössere Oeltropfen an den Ecken der queren Plasmabrücken". Vielleicht liegen hier bei *Chantransia* ähnliche Verhältnisse vor.

[2]) Arthur Meyer. Ueber Geisseln, Reservestoffe, Kerne und Sporenbildung der Bakterien. Flora 1899. pg. 433—34.

[3]) Bornet et Thuret Notes algologiques 1876. pg. 17. Pl. V.

[4]) Auch in Herbariummaterial vom Mai wie vom August, welches von Fehmarn und vom Gebiet nördlich der Kieler Föhrde stammte, konnten keine Stücke gefunden werden.

Sporangien noch mehr kompliziren, indem sich die soeben besprochenen Verhältnisse an einem Sporangienstand wiederholen. Figur 4 zeigt einen Sporangienstand z. T. voller, z. T. schon entleerter Sporangien, bei welchem am linken Seitenzweig dieselben Verhältnisse vorliegen, wie sie soeben für die einfachste Stellung beschrieben wurden. Am rechten Seitenzweig ist das mittlere Sporangium jedesmal durch eine vegetative Zelle ersetzt, und nur die Seitensporangien treten als solche auf.

Neben den endständigen Sporangien werden in seltenen Fällen auch intercalare ausgebildet.

Die Sporangien tragenden Seitenzweige werden ebenso, wie die vegetativen Zweige am apicalen Ende jeder Zelle angelegt.

In Bezug auf den Inhalt der Sporangien sei hervorgehoben, dass sich Chromatophoren nicht erkennen lassen; vielmehr erscheint er homogen roth gefärbt und feiner bis gröber gekörnelt.

Antheridien und Carpogone entstehen an denselben Pflanzen, vielfach in derselben Blüthe, wenn ich mich hier dieses Ausdrucks bedienen darf, sodass man dann von Zwitterblüthen sprechen könnte (s. Fig. 7 u. 8), obgleich auch Carpogone ebenso wie Antheridien an verschiedenen Aesten derselben Pflanze angetroffen werden. Das gemeinsame Auftreten der sexuellen Reproduktionsorgane aber an einer Pflanze ist der Hauptunterschied gegen *Ch. corymbifera,* denn letztere hat gesonderte männliche und weibliche Pflanzen.

Die Spermatiummutterzellen erreichen eine Länge von 4—5 μ und eine Breite von 3—3,5 μ. Sie stehen einzeln oder zu zweien, selten zu dreien auf einer Stützzelle. Die Stützzellen sind viel kürzer als die vegetativen Zellen. Hat sich eine Spermatiummutterzelle entleert, so bildet deren Stützzelle eine neue Stützzelle aus, an der dann wieder Spermatiummutterzellen hervorwachsen. So wiederholt sich dasselbe mehrmals; es kommen noch Verzweigungen der Stützzellen hinzu, sodass wir zu einem Bilde gelangen, wie es durch Fig. 7 u. 8 veranschaulicht wird. Man sieht dann oft noch an den unteren Stützzellen die entleerten Spermatiummutterzellen sitzen.

Dass die Befruchtung bei *Ch. efflorescens* auf dieselbe Art und Weise vor sich geht, wie bei den übrigen Florideen, unterliegt keinem Zweifel. Denn es fanden sich auch hier Trichogyne, an welchen Spermatien festsassen (s. Fig. 5).

Die Entwickelung der befruchteten Carpogone zu Cystocarpien bei *Ch. efflorescens* ist eine noch etwas einfachere als bei *Ch. corymbifera,* welch' letztere bei Bornet und Thuret in der schon oben citirten Arbeit dargestellt ist. Dort verzweigt sich die befruchtete Carpogonzelle, besonders nach Fig. 10. Taf. V. zu schliessen, weitgehender als hier und nur die Endzelle jeder Verzweigung wird zur Carpospore. Bei *Ch. efflorescens* sprossen zwar auch aus jeder befruchteten Carpogonzelle zahlreiche Carposporangienstützzellen. Aber die von diesen neugebildeten Zellen werden alle zu Carposporangien, sodass wir oft Reihen von 2—4 Carposporangien hintereinander antreffen (s. Fig. 6 u. 7). Hierdurch unterscheiden sich die auf geschlechtlichem Wege gebildeten Sporen ganz einfach von den Monosporangien, welche zwar auch in Büscheln vorkommen, aber nie reihenförmig angeordnet gefunden wurden. Kjellmans Bild in The Algae of the arctic Sea auf Tafel 12: Sporiferous branch halte ich demnach auch für ein Cystocarp; denn nur so ist es mir möglich, dasselbe ganz zu verstehen.

Nach längerer Kultur der Alge im schattigen Zimmer zeigten sich eigenthümliche Auswachsungen, Anschwellungen und rhizinenartige Bildungen, welche z. T. nach dem Substrate strebten, z. T. auch unbeeinflusst von irgend welchen richtenden Kräften wirr durcheinander wuchsen (s. Fig. 11). Im Allgemeinen reagirten sie nicht so exakt auf die Richtung der Schwerkraft wie die normalen Zweige, wandten sich aber doch nach längerem Hin- und Herwinden zu Boden.

Die Erscheinung, dass in Kultur befindliche Algen anormale Fäden und rhizinenartige Bildungen treiben, dürfte allen, welche sich mit Algenkulturen abgegeben haben, eine bekannte Thatsache sein. Dennoch liessen sich hier beim Auswachsen von *Chantransia* einige interessante Beobachtungen machen.

Ich hatte weiter oben darauf hingewiesen, dass normale Verzweigungen stets am apicalen Ende der Zelle angelegt werden. Bei Anlage rhizinenartiger Bildungen scheint aber jegliche Regelmässigkeit aufgehoben zu sein. Wir finden Anlagen von Auswachsungen am basalen Ende, in der Mitte der Zelle, schliesslich auch am oberen Ende. Sie stehen abwechselnd, opponirt, sogar quirlig zu 3 oder zu 4.

Die Auswachsungen zeigen sich aber nicht nur an vegetativen Zellen, sondern ich konnte sie auch häufig an Sporangien beobachten, auch hier an den verschiedensten Stellen derselben (s. Fig. 11). Dabei ist die erste Zelle des Rhizins oft blasig aufgeschwollen, während sich die übrigen Zellen ebenso verhalten, wie diejenigen der aus den vegetativen Zellen hervorwachsenden Rhizinen.

Im Allgemeinen haben die Rhizinen nicht so langgestreckte Zellen, wie die normalen Aeste, verzweigen sich auch ihrerseits unregelmässig und erscheinen oft farblos.

Fragen wir nun, wie wir diese rhizinenartigen Bildungen und Anschwellungen auffassen sollen, so dürfte wohl das natürlichste sein, sie für abnorme Bildungen hervorgerufen durch die ungewohnten Verhältnisse anzusehen.

Brand [1]) hat bei einigen Süsswasserchantransien ähnliche Verhältnisse beobachtet. Die äusseren Umstände, unter denen die Auswachsungen stattfanden, waren hier wie dort dieselben. Die Pflanzen wurden ohne Wasserwechsel im schattigen Zimmer gehalten. Dennoch glaube ich nicht, für die Vorgänge an *Ch. efflorescens* eine derartige biologische Erklärung geben zu sollen, wie sie Brand für seine Süsswasserchantransien annimmt, indem er sie für Regenerationserscheinungen ansieht. Leider aber war wegen Materialmangels näheres nicht festzustellen.

Zum Schluss möchte ich noch Herrn Geheimrath Professor Dr. Reinke und Herrn Professor Dr. Benecke meinen besten Dank für den mir bei Ausführung obiger Untersuchungen geleisteten Beistand aussprechen.

[1]) F. Brand. Ueber *Chantransia* und die einschlägigen Formen der bayrischen Hochebene. Hedwigia 1897. pg. 307—08.

Figuren-Erklärung. Taf. I.

Fig. 1—4. Verschieden angeordnete Monosporangien. $\frac{90}{1}$.

Fig. 5. Carpogon mit Trichogyn und ansitzendem Spermatium. $\frac{160}{1}$.

Fig. 6. Junges Cystocarp und entleerte Spermatiummutterzellen. $\frac{90}{1}$.

Fig. 7. Reifes Cystocarp am rechten Zweige. Links eine Zwitterblüthe bestehend aus einem Carpogon und mehreren Antheridien. $\frac{40}{1}$.

Fig. 8. Eine ältere Zwitterblüthe, stärker vergrössert. Rechts sind 2 Trichogyne sichtbar sowie zwei entleerte Spermatiummutterzellen an älteren Stützzellen. Links sind andere Spermatiummutterzellen an jüngeren Stützzellen gezeichnet. $\frac{35}{1}$.

Fig. 9. Eine Zelle mit Chromatophor und Kern. $\frac{160}{1}$.

Fig. 10. Haftscheibe. $\frac{150}{1}$.

Fig. 11. Auswachsendes Sporangium, Anschwellung einer Zelle und aus einer vegetativen Zelle hervorwachsendes Rhizin. Die Punkte an den Enden der Zellen sind Fetttröpfchen. Verkleinert nach $\frac{160}{1}$.

1.
3.
11.
4.
9.
7.
5.
2.
8.
6.
10.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE
LIBRARY
MASS

Ueber

zwei denitrificirende Bakterien aus der Ostsee.

(Aus dem zoologischen Institute zu Kiel.)

Von

Dr. **E. Baur.**

Hierzu Taf. II.

Aus Ackererde, Mist, Süsswasser u. s. w. ist eine grosse Zahl von Bakterien (etwa 15 Species) beschrieben, denen in mehr oder weniger hohem Grade die Fähigkeit zukommt, Nitrite, theilweise auch Nitrate derartig zu spalten, dass nahezu der gesammte Stickstoff als Gas entweicht. Ebenfalls überall verbreitet kommen in der Ackererde Bakterien vor, die im Stande sind aus Ammoniumsalzen Nitrite und Nitrate zu bilden. Diese nitrificirenden Bakterien sind ebenso wie die erstgenannten denitrificirenden von der grössten Bedeutung für die Landwirthschaft, die einen machen den Boden reich, die andern arm an den für die Ernährung der Pflanzen als N-Quelle so wichtigen Nitraten und Nitriten [1]).

Von allgemeinen meeresbiologischen Beobachtungen ausgehend, hatte Prof. Dr. Brandt [2]) geschlossen, dass auch im Meere Nitrifikations- und Denitrifikationsprozesse eine ausserordentlich wichtige Rolle spielen müssten, und auf seine Veranlassung und mit seiner fortwährenden weitgehendsten Unterstützung unternahm ich es als Assistent am zoologischen Institut, denitrificirende Bakterien aus Meerwasser rein zu züchten und auf ihre Eigenschaften zu untersuchen, um einen Beitrag zu der Frage zu liefern, welche Bedeutung diesen Stickstoff-Bakterien im Haushalte des Meeres zukommt.

Ich möchte nicht unterlassen, hierfür Herrn Prof. Brandt, sowie ferner auch den Herren Prof. Dr. B. Fischer und Dr. Neumann für ihre vielfachen Rathschläge und ihre Hilfe auch an dieser Stelle bestens zu danken.

I.

Als Ausgangspunkt für die Untersuchung der denitrificirenden Meeresbakterien, über die ich im Nachstehenden vorerst ausschliesslich zu berichten habe, diente eine ursprünglich zum Züchten von nitrificirenden Bakterien angesetzte Kultur. Ich hatte einen Erlenmeyerkolben von 200 ccm einer etwas modificirten Winogradsky'schen Nährlösung [3]) geimpft mit etwa 5 ccm nitritreichem Schlick aus dem Seewasseraquarium des Kieler zoologischen Institutes. Mit dem Schlick waren auch einige kleine Würmer in die Kultur gerathen, dieselben starben nach kurzer Zeit und faulten. Genau parallel mit der sich entwickelnden Fäulniss ging der Nitritgehalt der Kultur zurück, nach 3 Tagen war sie nitritfrei. Zum Zweck der Weiterzüchtung der in dieser Kultur demnach sehr wahrscheinlich enthaltenen denitrificirenden Bakterien wurde zunächst folgende Lösung verwendet: Fischseewasser [4]) 100, Pepton 2, Kaliumnitrit 0,25 gr.

[1]) Eine übersichtliche Zusammenstellung der sehr grossen Litteratur über diesen Gegenstand giebt Lemmermann Kritische Studien über Denitrificationsvorgänge. Jena 1900.

[2]) K. Brandt. Ueber den Stoffwechsel im Meere. Kiel 1899.

[3]) Seewasser 500, dest. Wasser 500, Kaliumphosphat 1, Magnesiumsulfat 0,5, Chlorcalcium 0,1; — Magnesiumcarbonat 30, Ammonsulfat 1.

[4]) 1 kg Dorsch in 1—2 l Seewasser gekocht, nach dem Erkalten filtrirt.

Einige sterilisirte Bouillonröhrchen mit dieser „Nitritbouillon“ wurden durch je einen Tropfen der genannten Kultur inficirt und richtig trat auch in den meisten Röhrchen nach etwa zwei Tagen eine sehr starke Bakterienvegetation und eine deutliche Gasentwickelung auf. Die Röhrchen schäumten etwa 6—10 Tage kräftig und gleichzeitig ging der Nitritgehalt stetig zurück; mit dem Aufhören der Gasentwickelung hörte auch die Blaufärbung der Kulturflüssigkeit bei Diphenylaminschwefelsäurezusatz auf. Zweifelsohne war also in diesen Kulturen ein denitrificirender Organismus vorhanden.

Da von den meisten land- und süsswasserbewohnenden denitrificirenden Bakterien bekannt ist, dass sie nur in Gegenwart von gewissen Kohlenstoffverbindungen wachsen und denitrificiren können, wurden gleichzeitig mit der oben genannten einfachen Nitritbouillon auch Nährlösungen benutzt, denen Kartoffelstärke, Traubenzucker oder ameisensaures Natrium zugesetzt war. Eine irgendwie kräftigere Denitrification trat hierin jedoch nicht ein, die Röhrchen mit ameisensaurem Natrium zeigten sogar eine deutlich schwächere Schaumbildung und langsamere Denitrification. Weiterhin wurde daher zunächst ausschliesslich die einfache Nitritbouillon benutzt.

Die Isolirung des in allen diesen Kulturen vorhandenen denitrificirenden Mikroorganismus machte anfangs sehr grosse Schwierigkeiten. Die Zahl der in den ersten Kulturen wachsenden verschiedenen Bakterienspecies war, wie sich durch Gelatineplatten[1]) leicht feststellen liess, noch sehr gross. Doch gelang es durch mehrmals wiederholtes Ueberimpfen in frische sterile Bouillon bald, diese Zahl auf 7 einzuengen, wenigstens wuchsen jetzt in den Platten nur noch 7 verschiedene Arten von Kolonien (als „a“—„g“ bezeichnet). Von jeder von diesen Kolonien aus wurden 3 Nitritbouillonröhrchen geimpft, etwaige Gasentwickelung und Nitritzerstörung in 3 von derselben Kolonie aus geimpften Röhrchen musste ergeben, welche von den 7 Arten die gesuchte denitrificirende wäre. Wider alles Erwarten trat jedoch weder Schaumbildung noch Denitrification in einem von diesen 21 Röhrchen auf, danach musste also entweder keine von den 7 Species der gesuchte Organismus sein, oder aber derselbe war nicht im Stande in Reinkultur in der Nitritbouillon zu wachsen und Nitrit zu zersetzen. Zunächst schien die erste Vermuthung die wahrscheinlichste. In der Annahme, dass die gesuchte Species vielleicht in den aërob angelegten Platten nicht habe wachsen können, wurden einige Plattenserien für Anaërobenkultur unter H-Atmosphäre angelegt, aber auch in diesen wuchs keine andere Species als in den früheren Platten, das gleiche galt für Platten, für welche Nitritagar[2]) verwendet wurde. Nitritbouillonröhrchen, die von je einer von den sämmtlichen verschiedenen Kolonien aus geimpft wurden, zeigten zwar meist deutliches Bakterienwachsthum, aber keine Denitrification. Die zweite der oben aufgestellten Möglichkeiten, die Annahme, dass die gesuchte Species nicht im Stande sei allein in Reinkultur zu denitrificiren, gewann also an Wahrscheinlichkeit. Sie wurde zur Gewissheit durch einen glücklichen Zufall, schon ehe ich dazu kam, durch systematische Kombinationsversuche die Sache klar zu legen. Auffälliger Weise zeigten nämlich plötzlich einige von einer scheinbar ganz reinen isolirten Kolonie von „c“ abgeimpfte Röhrchen

[1]) Fischseewasser 100, Pepton 2, Gelatine 15.
[2]) „ 100, „ 2, Agar 2, Kaliumnitrit 0,5.

lebhaftes Schäumen und nach 6 Tagen völlige Zerstörung des Nitrites. Platten, die aus diesen Kulturen gegossen wurden, zeigten, dass es keine Reinkulturen waren, sondern Mischkulturen von „c“ und von „a“. Es wurden jetzt folgende Kulturen angesetzt:

1. Nitritbouillon geimpft mit „a“ + „c“
2. „ „ „ „a“ allein
3. „ „ „ „c“ allein
4. „ „ „ a + einem Leuchtbakterium [1])
5. „ „ „ a + einem gelben Micrococcus [2])
6. „ „ „ c + Leuchtbakterium wie 4
7. „ „ „ c + Micrococcus wie 5.

1 und **6** zeigten kräftige, **7** etwas schwächere Schaumbildung und Denitrification, **3** blieb fast vollkommen klar und zeigte nur ein kaum bemerkliches Bakterienwachsthum. Die übrigen Kulturen 2, 4, 5 zeigten alle starke Trübung, Kahmhaut, aber keine Gasentwickelung, keine Nitritzerstörung. Eine Reihe von Kontrollversuchen ergab stets dasselbe Resultat. Die Sachlage war damit klar, „c“ war die denitrificirende Species, konnte aber in der gewöhnlichen Nitritbouillon nur in Gegenwart von andern Bakterien wachsen und denitrificiren.

Nach der Gestalt der aufliegenden Gelatinekolonien ist „c“ weiterhin als **Bacterium Actinopelte nov. spec.** (Actinopelte = Strahlenschild) bezeichnet.

Die **einzelnen Bakterien** sind sehr lebhaft bewegliche 1—1½ μ lange, 0,5 μ breite, gerade bis schwach gebogene Stäbchen mit abgerundeten Ecken. Sie sind leicht färbbar mit den gebräuchlichen Anilinfarbstoffen, nach Gram werden sie entfärbt. Oft tritt deutliche Polfärbung auf, besonders an etwas älteren Kulturen. Sporen werden nicht gebildet (Kulturen sterben schon bei etwa 50° C).

Gelatine. [3]) Die Tiefenkolonien sind 0,1—0,15 mm dick, ziemlich variabel, von maulbeer- bis zur reinen kugelform, nie eiförmig oder wetzsteinförmig. Anfangs (2. und 3. Tag bei 15° C) sind sie glashell und glänzend, später feinkörnig und leicht gelblich. Die Kolonien wachsen bei 15° in etwa 6—8 Tagen zu der angegebenen Grösse heran und bleiben dann weiterhin unverändert. (Vergl. Fig. 4, 5, 6).

Die Oberflächenkolonien bilden anfangs flache glänzende durchsichtige Tröpfchen, werden dann feinkörnig gelblich und breiten sich radiärwärts in sehr charakteristischer Weise auf der Gelatineoberfläche aus. (Fig. 1, 2, 3). Die gelbliche, körnige, undurchsichtige Kolonie umgiebt sich dadurch mit einem zarten, durchsichtigen, zackigen, radiärgefurchten, bald mehr, bald weniger breiten Hofe. Die ganzen Kolonien wachsen in etwa 8 Tagen bis zu einem Durchmesser von 0,2—0,4 mm heran.

Strich. Zarter, durchscheinender, etwas irisirender feuchter Belag. Band anfangs glatt oder leicht gebuchtet, in älteren Kulturen (14 Tage bei 15° C) in ganz derselben Weise in die Breite wachsend, wie die oberflächlichen Kolonien. (Fig. 7.)

---

[1]) Von einem fliegenden Fisch bei den Cap Verdischen Inseln isolirt. Nitrate zu Nitriten reducirend.
[2]) Aus dem Wasser der Kieler Bucht. Nitrate nicht reducirend.
[3]) Fischseewasser 100, Pepton 2, Gelatine 15.

Stich fadenförmig, in der Tiefe sehr schwach wachsend, in der Nähe der Oberfläche üppig entwickelt 2—3 mm breit, gelblich-weiss. Mit dicht stehenden, kurzen, dicken, parallel verlaufenden, meist in Reihen angeordneten Borsten besetzt, die von oben nach der Tiefe des Stiches zu an Grösse abnehmen. Auflage etwa 3—5 mm breit mit ähnlicher Randstruktur wie der Gelatinestrich.

Agar.[1]) Tiefe Kolonien. Rundlich grobkörnig, in der Peripherie grobhaarig von 0,3—0,5 mm Durchmesser. Aufliegende Kolonien 1—3 mm breite, weissliche runde Scheibchen mit grobkörnigem, im durchfallenden Licht bräunlichem Centrum und radiär-wülstiger stets ungemein charakteristischer Randzone. (Fig. 8.)

Strich. Dünn durchscheinend weisslich, flach verbreitet mit ähnlichem Rande wie die aufliegenden Agarkolonien. Condenswasser stark trüb mit flockigem Bodensatz.

Stich. Nicht sehr charakteristisch fadenförmig, ähnlich wie der Gelatinestich aber kräftiger und dicker. Auflage wie Agarstrich.

Kartoffeln.[2]) Sehr üppiges Wachsthum, schon nach 2—3 Tagen ist meist der grösste Theil der Kartoffelkeile mit einem ockerfarbigen, dickhäutigen, runzelig-wulstigen, derben, fast knorpeligen Ueberzug von 1—2 mm Dicke bedeckt. In alten Kulturen — nach etwa 8 Tagen — werden einzelne Partien des Ueberzuges schmierig, schleimig, etwas fadenziehend.

Bouillon.[3]) Kaum erkennbares Bakterienwachsthum, keine deutliche Trübung oder dergl.

Verhalten zu Kohlehydraten. Wie schon eingangs erwähnt, gedeiht B. Actinopelte zusammen mit andern Bakterien in der gewöhnlichen Nitritbouillon ganz gut und denitrificirt 5‰ Nitrit leicht und regelmässig, während Reinkulturen kein nennenswerthes Wachsthum zeigen. Die Frage war zunächst die: Ist die Gegenwart von andern lebenden Bakterien nothwendig oder sind dies nur die Stoffwechselprodukte derselben?

Folgender Versuch musste das entscheiden: Nitritbouillon wurde mit dem schon erwähnten Leuchtbakterium inficirt und 1½ Tage faulen gelassen, dann in Röhrchen gefüllt und sorgfältig sterilisirt. In diesen Röhrchen wuchs und denitrificirte B. Actinopelte auch in Reinkultur[4]). Danach waren es also Stoffwechselprodukte anderer Bakterien, die die Nitritbouillon für B. Actinopelte erst brauchbar machten. Damit stimmte auch folgende Beobachtung: Wurden aus Material das B. Actinopelte und eine von den genannten andern Bakterien („a" oder das Leuchtbakterium) enthielt Gelatineplatten gegossen, so wuchsen in der Nähe der „a" — bezw. Leuchtbakterium-Kolonien die Actinopelte-Kolonien deutlich rascher und wurden grösser, bis doppelt so gross, als die entfernter liegenden. Was das aber für Stoffe sein könnten, dafür boten diese Versuche noch keinen Anhaltspunkt. Auf die richtige Fährte führte dagegen folgende Beobachtung. In Bouillon, zu der statt Fischseewasser eine Abkochung von Miessmuscheln[5]) verwendet worden war, wuchs B. Actinopelte sehr üppig und denitrificirte gut. Nun enthalten Miessmuscheln, einer freundlichen Mittheilung von Herrn Dr. Jenkins-Cardiff

[1]) Fischwasser 100, Pepton 2, Agar 2.
[2]) In Seewasser gekocht.
[3]) Fischseewasser 100, Pepton 2.
[4]) Durch Plattengiessen kontrollirt.
[5]) 1 Kgr. Miessmuscheln: 1 l. Seewasser.

z. Z. in Kiel zufolge, reichlich Glykogen. Dies, zusammen mit dem üppigen Wachsthum auf Kartoffeln und dem schlechten Wachsthum auf Gelatine legten die Vermuthung nahe, dass B. Actinopelte zum guten Gedeihen doch, trotz der eingangs erwähnten ersten Versuche, bestimmte Kohlehydrate brauche. Es wurden daher einige Nitritbouillonröhrchen mit theils 3 % Traubenzucker, theils 1 % Kartoffelstärke versetzt. Thatsächlich wuchs und denitrificirte hierin B. Actinopelte auch in Reinkultur, am besten und immer in den Stärkehaltigen Röhrchen, schlechter, und nicht immer in den Traubenzucker-Röhrchen. Auch einige andere Kohlenstoffverbindungen wurden auf ihre Verwerthbarkeit durch B. Actinopelte hin geprüft. Es wurden folgende Lösungen verwendet:

1 Seewasser 100 Pepton 2 Calciumnitrit 0,25 Glycerin 5
2 „ „ „ „ „ „ Natrium formicum 3
3 „ „ „ „ „ „ Ammonium tartaricum 3
4 „ „ „ „ „ „ Mannit 5
5 „ „ „ „ „ „ Propylalcohol 3
6 Fucusdecokt 100 Pepton 2 „ „

Es trat stets deutliches Wachsthum und völlige Nitritzerstörung auf in 1, 4, 5, 6 und zwar setzte die Gasentwickelung meist deutlich früher ein als in gleichzeitig geimpfter Stärkehaltiger Nitritbouillon. Kümmerliches Wachsthum und meist keine völlige Denitrifikation erfolgte in 2, gar kein Wachsthum in 3.

In Glycerin- oder Mannit- u. s. w. Bouillon ohne Nitritzusatz entwickelt sich in der Regel in den ersten 12—24 Stunden eine gleichmässige Trübung, dann entwickelt sich eine leicht zerreissliche dicke Haut an der Oberfläche und öfters auch eine dünne schleierartige Haut an den Wänden des Röhrchens.

Auch auf Gelatine hat ein Zusatz von einer von diesen Kohlenstoffquellen (5 % Traubenzucker oder Mannit oder, schlechter, Glycerin) ein viel üppigeres Wachsthum und ein ganz anderes Aussehen der Kultur zu Folge. In Zuckergelatine bildet B. Actinopelte im Strich eine leicht gelbliche, schmierige, glänzende, gerade eben noch durchscheinende Auflagerung, die auf zuckerfreier Gelatine an ältern Kulturen so ungemein charakteristische, radiäre Randzone fehlt völlig, der Rand ist auch bei 4—6 Wochen alten Kulturen noch vollkommen glatt. Sehr eigenthümlich wächst B. Actinopelte auf Peptongelatine zu der an Stelle von Fischseewasser, oder von reinem Seewasser eine Abkochung von Fucus vesiculolus verwendet wird, die innern Theile des Striches zeigen eine ähnliche Gestalt wie die Kartoffelkulturen, der Rand ist dagegen meist ganz ähnlich gebaut wie auf der gewöhnlichen kohlehydratfreien Gelatine.

Verhalten zu Nitraten und Nitriten. Die bisher bekannten denitrificirenden Bakterien können grösstentheils sowohl Nitrate als Nitrite, einige aber auch nur Nitrite allein zersetzen. B. Actinopelte gehört in die erste Gruppe. Mannitbouillon, die bis zu 5 ‰ Nitrat oder Nitrit (Kalium- oder Calciumsalz) enthält, wird bei 15—20° C in 10—14 Tagen frei von Salpeter- und salpetriger Säure. Unter sehr starkem Aufschäumen findet in der Kultur eine Entwickelung von gasförmigem Stickstoff statt, ihren Höhepunkt erreicht dieselbe etwa am 5. Tage, dann hört

etwa am 12. Tage die Gasbildung plötzlich auf, und kurz nachher fällt die Reaktion auf Salpeter- oder salpetrige Säure negativ aus. In Nitrit- bezw. Nitrat-haltigen festen Nährböden bilden sich grosse Blasen. Mit B. Actinopelte geimpfte Nitritagar oder Nitritgelatine-Stichkulturen gewähren ganz dasselbe Bild wie etwa Stichkulturen von Bacterium Coli in Traubenzucker-haltigen festen Nährböden.

Nitrate werden vor ihrer Zersetzung erst zu Nitriten reducirt, wenigstens geben mit nitritfreiem Salpeter angesetzte Kulturen während des ganzen Verlaufes des Denitrifikations-prozesses stets eine deutliche Nitritreaktion. Die Fähigkeit, ausser Nitriten auch Nitrate zu reduciren, ist bei B. Actinopelte sehr inconstant. Längere Zeit in Reinkultur fortgezüchtete Stämme verlieren diese Fähigkeit, behalten jedoch das Vermögen Nitrit zu zersetzen stets bei, allerdings in verschieden hohem Grade [1]).

Stämme, die nur noch Nitrit zersetzen können, denitrificiren in Mischkultur mit den verschiedensten Nitrat zu Nitrit reducirenden Bakterien [2]) auch Nitratbouillon. Das von B. Actinopelte producirte Gas besteht nach Analysen, die Herr Dr. phil. Braunmüller-Kiel zu machen die Freundlichkeit hatte, aus fast 1 % CO_2 der Rest ist N und N_2O. In welchem Verhältniss N und N_2O vorhanden sind liess sich nicht sicher feststellen, wahrscheinlich ist aber N_2O in geringerer Menge vorhanden als reiner N [3]). Das Alkali des Nitrites Kalium oder Calcium verbindet sich mit der durch die Atmung der Bakterien gebildeten Kohlensäure. Hat man das Calciumsalz verwendet, so bildet sich ein dicker Niederschlag von kohlensaurem Kalk, hat man Kalinitrit verwendet, so wird die Bouillon durch die gebildete Pottasche stark alkalisch.

Bedeutung der Nitritzersetzung für den Stoffwechsel von B. Actinopelte. Für die vom Lande und aus Süsswasser beschriebenen denitrificirenden Bakterien geht die zur Zeit herrschende Ansicht ja wohl dahin, dass dieselben das Nitrit des Sauerstoffes wegen zersetzen, sie sind bei Gegenwart von Nitrit befähigt auch ohne freien Sauerstoff zu athmen. Ganz auf-geklärt ist die Sachlage freilich noch nicht. Eine Anzahl von Versuchen, die mit B. Actinopelte über diese Frage angestellt wurden, weisen fast alle mehr oder weniger deutlich darauf hin, dass thatsächlich die Nitrite des Sauerstoffs wegen zerstört werden oder mit andern Worten, dass B. Actinopelte bei Nitritzufuhr im Stande ist anaërob zu leben.

In Stichkulturen in nitrithaltiger Gelatine bezw. Agar sind die tieferen Partien des Stiches im Verhältniss zu den oberen Partien deutlich kräftiger entwickelt als in nitritfreien Nährböden. Ein einigermaassen klares Ergebniss hatte ferner auch folgender Versuch: Es wurden eine Reihe von nitritfreien und nitrithaltigen Bouillonröhrchen unter Wasserstoff-athmosphäre gehalten, in den Nitritröhrchen ging die Bakterienentwickelung und die Denitrification nur wenig schlechter und wenig langsamer vor sich, als in gleichzeitig angesetzten Nitritbouillon-

[1]) Selbstverständlich wurden alle diese Versuche mit Reinkulturen angestellt, speziell die Versuche über Nitratzersetzung wurden stets von möglichst isolirten Gelatinekolonien abgeimpft und durch Plattengiessen aus den betreff. Kulturen festgestellt, dass nicht etwa ein anderer Nitrat zu Nitrit reducirender Organismus mit in den Kulturen war.

[2]) Die grosse Mehrzahl der in der Kieler Föhrde vorkommenden Bakterien reducirt Nitrate zu Nitriten.

[3]) 64,0 ccm Gas wurden geleitet durch: H_2SO_4, KOH, alkohol. Pyrogallussäurelsg., Eisensulfatlsg. Volumverringerung nur in KOH (4,8 ccm). Das Vorhandensein von N_2O im Rest wurde nach Stohmann-Kerl, Gasanalyse Bd. III pag. 1033 nachgewiesen. (Bildung von CO_2 nach der Gleichung $2N_2O + C = 2N_2 + CO_2$.)

kulturen unter freiem Luftzutritt. In den nitritfreien Röhrchen dagegen fand unter Wasserstoff nur eine sehr geringfügige Bakterienentwickelung und Bildung eines dünnen Häutchens statt, viel schwächer als in einer Reihe von ebenfalls nitritfreien Kontrollröhrchen mit freiem Luftzutritt. Wir haben also bei Nitritzufuhr nur wenig schlechteres Wachsthum in H-Athmosphäre als in gewöhnlicher Luft. Bei Nitritabwesenheit dagegen wächst B. Actinopelte unter H deutlich schlechter als unter Luft.

Es wäre demnach zu erwarten gewesen, dass bei Sauerstoffabschluss die Nitritzerstörung rascher vor sich ginge als bei leichtem Sauerstoffzutritt, das ist aber nicht der Fall. Wurden gleiche und gleichstark geimpfte Mengen Nitritbouillon einerseits in 40 cm hohen engen Röhrchen, andererseits am Boden von grossen Erlenmeyerkolben dünn ausgebreitet, 1 cm hoch, gehalten, so war stets (Versuch 4 mal wiederholt) in den Erlenmeyerkolben die Denitrification 1—2 Tage früher beendet als in den Röhrchen. Durch Sauerstoffzutritt wird also der Denitrificationsprozess nicht beeinträchtigt, sondern gefördert.

Verhalten von B. Actinopelte gegenüber verschiedenen als N- bezw. Eiweissquelle in Frage kommenden Stoffen. Um festzustellen, ob für B. Actinopelte die Nitrate bezw. Nitrite auch als N-Quelle in Frage kommen und weiterhin welche Stoffe überhaupt als N- bezw. Eiweissquelle geeignet sind, wurde eine Anzahl Versuche mit verschiedenen möglichst einfach zusammengesetzten Nährlösungen angesetzt. Ich verwendete folgende Lösungen:

1.	Seewasser	100,	Glycerin	5,	Calciumnitrit	0,25,	
2.	„	100,	„	5,	„	0,25,	Harnstoff 3,
3.	„	100,	„	5,	„	0,25,	Leucin 3,
4.	„	100,	„	5,	„	0,25,	Asparagins. Natrium 3,
5.	„	100,	„	5,	„	0,25,	Ammonsulfat 2.

Ebenso kräftiges Wachsthum wie in Peptonlösung erfolgte in 4, ganz kümmerliches Wachsthum in 3, gar kein Wachsthum in 1, 2, 5. Als Eiweissquelle werden also nur Pepton und Asparaginsäure verwendet.

Verhalten gegen Temperatureinflüsse. B. Actinopelte hat sein Wachsthumsminimum bei etwa $+5^0$. Kulturen, die bei 5^0 C gehalten wurden, wuchsen und denitrificirten noch, aber nur sehr langsam, Bouillon mit 0,25% Nitrit war nach 3 Monaten noch nicht völlig nitritfrei, während bei 15^0 C nach 15—30 Tagen, bei 25^0 C nach 7—10 Tagen kein Nitrit mehr nachzuweisen war. Das Optimum liegt bei 20—25^0 C. Die Maximaltemperatur, bei der noch kräftiges Wachsthum stattfindet, ist bei etwa 35^0, bei 41^0 findet kein Wachsthum mehr statt, bei 45—50^0 C werden die Kulturen nach kurzer Zeit getötet.

II.

Eine zweite, ebenfalls Nitrit zersetzende Bakterienspecies wurde aus einer steril entnommenen Schlickprobe aus der Kieler Aussenförde (bei der Heulboje) isolirt. Von Bacterium Actinopelte ist diese zweite Species = **Bacterium lobatum** nov. spec. deutlich constant

BIOLOGIC LIBR

verschieden. Die **einzelnen Bakterien** sind stets grösser als B. Actinopelte 0,75—1 μ breit, 2—3 μ lang. Form, Beweglichkeit und Färbbarkeit ganz wie B. Actinopelle. Sporen werden nicht gebildet.

Gelatine (Fischseewasserpeptongelatine ohne Kohlehydrat od. dergl.) Tiefenkolonien (Fig. 9, 10) anfangs, 1—2 Tage, hell, kreisrund, durchsichtig, stark glänzend, später gelblich bis bräunlich, körnig, meist länglich eiförmig bis wetzsteinförmig, seltener rundlich, grosslappig bis ganzrandig, oft conzentrisch geschichtet, von 0,2—0,4 mm Durchmesser. Oberflächenkolonien bilden flache, stark glänzende Tröpfchen von 0,5—1,5 mm Durchmesser, ganzrandig, ohne feinere innere Struktur. Das für B. Actinopelte charakteristische radiäre secundäre Randwachsthum kommt nicht vor. Stich von B. Actinopelte kaum zu unterscheiden, Auflage jedoch ohne den für diese Species typischen fächerartigen Rand. Strich fast glasheller, dünner, glänzender, leicht bräunlicher Belag, im mikroskopischen Bild warzig höckerig, Rand glatt. Auf Zucker- oder Mannit-haltiger Gelatine bildet B. l. im Strich einen glattrandigen bis grosslappigen, fast reinweissen, undurchsichtigen, schmierigen Belag, aus dem einzelne besonders kräftig gewachsene Partien wie kleine flache Tröpfchen hervorragen.

Agar. [1]) Agarkolonien wuchsen nicht, weil B. l. schon durch kurzes Erwärmen auf 40° C getötet wird. Stich von B. Actinopelle nur durch die dickere schmierige Auflage zu unterscheiden. Strich — weisslicher bis hell-ockerfarbiger, undurchsichtiger, schmieriger Belag, ohne besondere feine Struktur und ohne die für B. Actinopelle typischen Radiärwülste.

Kartoffeln. [2]) Mässig kräftiges Wachsthum, vom Impfstrich aus entwickelt sich in 3 bis 5 Tagen ein $^1/_2$—1 cm breiter trüber schmutzig-brauner bis leicht rötlicher schmieriger fadenziehender Belag. Abgesehen von der Gelatineplatte sind auf Kartoffeln die beiden Species am leichtesten von einander zu unterscheiden.

Bouillon ohne Kohlehydratzufuhr kein erkennbares Wachsthum.

Wie B. Actinopelte verlangt auch B. lobatum, um kräftig wachsen zu können, eine geeignete Kohlenstoffquelle. Als am besten geeignet erwiess sich Glykogen 2—3 %, Propylalkohol 2—3 %, Mannit 3—5 %, weniger gut Traubenzucker und Stärke. Schlecht, aber doch noch besser als in reiner Peptonbouillon, wächst B. l. bei einem Zusatz von Glycerin oder Natrium formicum. Garnicht verwerthet werden milchsaure und weinsaure Salze.

B. lobatum zersetzt ausschliesslich Nitrite. Nitrate bleiben in Reinkulturen stets unangegriffen. Aber auch das Vermögen Nitrite zu zersetzen, ist nicht sehr constant. Schon wenige Wochen in Reinkultur fortgezüchtete Stämme verlieren diese Fähigkeit fast immer.

Auffällig ist auch bei B. lobatum die Begünstigung der Denitrification durch Luftzutritt. Unter H oder bei Paraffinabschluss der Bouillon erfolgt die Denitrification stets deutlich langsamer als bei Luftzutritt. Dass aber andererseits trotzdem der O des Nitrits zur Athmung verwendet wird, geht daraus hervor, dass unter O-Abschluss in H-Athmosphäre gehaltene Bouillonkulturen bei Nitritgegenwart deutlich kräftiger wachsen als bei Nitritabwesenheit.

[1]) Fischseewasser 100, Pepton 2, Agar 2.
[2]) in Seewasser gekocht.

Auch die Analyse des produzirten Gases zwingt zu der Annahme, dass der O des Nitrites zur Athmung verbraucht wird. Das Gas besteht nämlich neben geringen Spuren von O und CO_2 aus N und N_2O. Der Sauerstoff des Nitrits findet sich in der Kulturflüssigkeit als Kohlensäure wieder, als Calcium- bezw. Kalium-carbonat, je nachdem Calcium- oder Kaliumnitrit verwendet wurde.

Bakt. lobatum ist sehr empfindlich gegen höhere Temperaturen, bereits ein 2 Minuten langes Erwärmen auf 42 ° C genügt, um eine Kultur zu töten. Meist sterben die Kulturen schon bei 39—40 ° C. Ein mässiges Wachsthum, aber keine Denitrification findet noch bei 35 ° C. statt. Das Optimum für Wachsthum und Nitritzersetzung liegt bei 20—25 ° C, 0,25 % Nitritbouillon wird hierbei in 9—10 Tagen denitrificirt. Wenig empfindlich ist B. l. gegen niedere Temperaturen, bei + 5 ° C wird 0,25 % Nitritbouillon in etwa 30 Tagen nitritfrei und auch bei 0 ° C findet noch ein deutliches Wachsthum und langsame Gasentwickelung statt. Freilich ist die Denitrification nur sehr schwach, noch nach 12 Wochen war die 0,25 % Nitritbouillon noch nicht nitritfrei.

III.

Vorkommen von denitrificirenden Bakterien im Wasser und Schlick der Kieler Föhrde.

Im Wasser und im Schlick der Kieler Bucht sind denitrificirende Bakterien weit verbreitet. B. lobatum wurde, wie schon erwähnt, aus einer Schlickprobe die bei der Heulboje entnommen war, isolirt. Bei 2 Fahrten wurden an verschiedenen Stellen der Föhrde Wasser- und Schlickproben unter allen Kautelen steril entnommen und damit sterile Nitritbouillonröhrchen beschickt. Wie nachstehende Tabelle ergiebt, trat in der Hälfte dieser Röhrchen Schaumbildung und Denitrification ein.

Nr.	Geschöpft bei	Datum	Nährboden	Ob Denitrification eingetreten
1.	Seewasser, 2 ccm, bei Boje D etwa 300 m vom Strande entfernt	20. XI. 1900	Seewasser 100 Pepton 2 Kalinitrat 0,5	Starker Schaum und Denitrification
2.	Seewasser, 2 ccm, von Friedrichsort 100 m vom Strande	„	„	„ „ „ „
3.	Schlick, Boje D, 1 Erbse gross, 300 m vom Strande	„	„	„ „ „ „
4.	Schlick Friedrichsort, etwa 2 ccm 100 m vom Strande	„	„	„ „ „ „
5.	Seewasser, 2 ccm, Boje D 300 m vom Strande	„	Seewasser 100 Pepton 2 Kalinitrit 0,25	„ „ „ „
6.	Seewasser, 2 ccm, Friedrichsort 100 m vom Strande	„	„	„ „ „ „
7.	Schlick, Boje D, 2 ccm 300 m vom Strande	„	„	„ „ „ „

Nr.	Geschöpft bei	Datum	Nährboden	Ob Denitrification eingetreten
8.	Schlick, Friedrichsort, 2 ccm, 100 m vom Strande	20. XI. 1900	Seewasser 100 Pepton 2 Kalinitrit 0,25	Starker Schaum und Denitrification
9.	Seewasser, 3 ccm, von Heulboje etwa 2 klm vom Strande	14. I. 1901	Seewasser 100 Pepton 2 Kalinitrit 0,5	Kein Schaum, keine Denitrification
10.	„	„	„	„ „ „ „
11.	„	„	„	„ „ „ „
12.	„	„	„	„ „ „ „
13.	„	„	„	Schaum
14.	„	„	„	Kein Schaum
15.	10 ccm Seewasser von Heulboje	„	„	Schaum
16.	1 ccm Seewasser von Heulboje	„	„	Kein Schaum
17.	„	„	„	„ „
18.	2 ccm Seewasser von Heulboje	„	„	„ „
19.	„	„	„	„ „
20.	1 ccm Schlick von Heulboje	„	„	„ „
21.	„	„	„	„ „
22.	„	„	„	„ „
23.	„	„	„	„ „
24.	„	„	„	Schaum
25.	„	„	„	Kein Schaum
26.	„	„	„	Schaum
27.	„	„	„	„
28.	Darminhalt von Dorsch 1/2 ccm	„	„	Kein Schaum
29.	„	„	„	„ „
30.	„	„	„	„ „
31.	„	„	„	„ „
32.	Wasserhuhndarminhalt 1/2 ccm	„	„	„ „
33.	„	„	„	„ „
34.	„	„	„	„ „
35.	10 ccm Schlick von Heulboje	„	„	Schaum

Es ist vielleicht nicht unangebracht zum Schlusse einiges über die Technik des Nachweises von denitrificirenden Bakterien im Meereswasser anzugeben; es wäre dringend wünschenswerth festzustellen, in welcher Häufigkeit etwa derartige Organismen im Meereswasser, im Schlick u. s. w. vorkommen.

Die beste und überall leicht herzustellende Kulturflüssigkeit ist Muschelbouillon. 1 kg frische[1]) Miessmuscheln werden in 1—2 l Seewasser gekocht und dem Filtrat 2% Pepton und 0,25% Calciumnitrit[2]) zugesetzt. Sterile Röhrchen von dieser Bouillon werden mit den zu untersuchenden Wasser- oder Schlickproben versetzt, etwa in den Proben vorhandene denitrificirende Organismen geben sich durch starke Schaumbildung kund. Der beste feste Nährboden ist mit oben genannter Muschelnitritbouillon hergestellte Gelatine[3]) oder Agar. Zum Isoliren der denitrificirenden Bakterien verwendet man am besten diese Muschelnitritgelatine. Denitrificirende Kolonien umgeben sich darin mit einem Hof von Calciumcarbonatniederschlag und kleinen Gasbläschen.

[1]) frisch gesammelt, weil alte hungernde nach Dr. Jenkins kein Glykogen mehr enthalten.

[2]) Calciumnitrit ist besser, als z. B. Kaliumnitrit, weil bei Verwendung dieses letzteren durch das gebildete Kaliumcarbonat die Kulturflüssigkeit stark alkalisch wird. Natriumnitrit wird durch die meisten Peptonsorten des Handels zersetzt.

[3]) neutralisiren!

Erklärung der Abbildungen. Taf. II.

Fig. 1. Bakt. Actinopelte. Gelatine - Oberflächenkolonie 12 Tage alt von einem frisch isolirten Stamme. Vergr. 200.

Fig. 2, 3. = 1, aber schon einige Monate in Reinkultur fortgezüchteter Stamm. Vergr. 200.

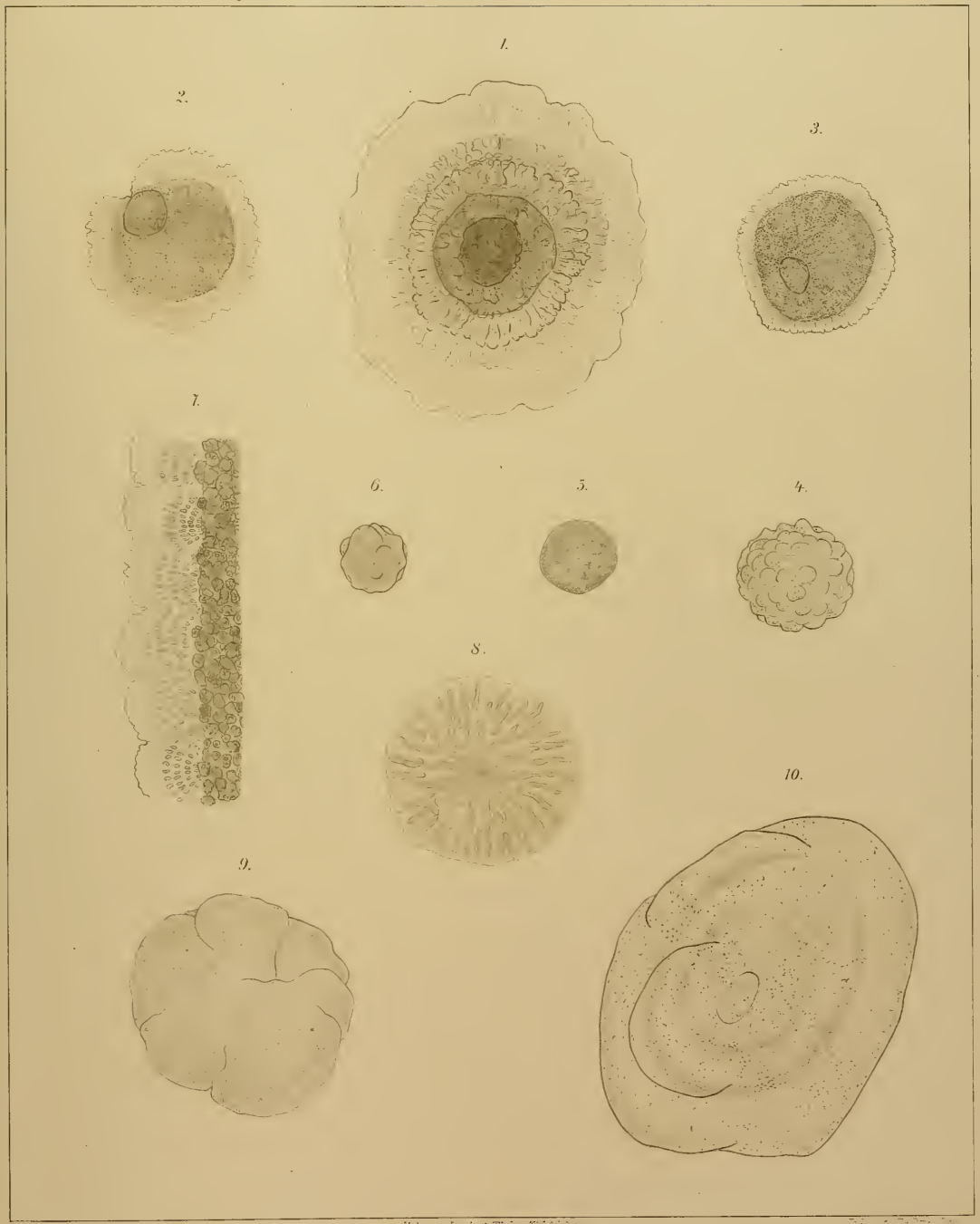
Fig. 4. Bakt. Actinopelte. Gelatine-Tiefenkolonie, frisch isolirter Stamm. Vergr. 200.

Fig. 5, 6. = 4, aber einige Monate in Reinkultur fortgezüchteter Stamm.

Fig. 7. Bakt. Actinopelte. Rand eines 4 Wochen alten Gelatine-Striches (Gelatine ohne Kohlehydratzusatz). Vergr. 20.

Fig. 8. Bakt. Actinopelte. Oberflächen-Agarkolonie. Vergr. 20.

Fig. 9, 10. Bakt. lobatum. Gelatine-Tiefenkolonien. Vergr. 200.



Erw. Baur gez.

Verlag von Lipsius & Tischer, Kiel & Leipzig

Ueber den

Stoffwechsel im Meere.

2. Abhandlung.

Von

Prof. K. Brandt.

1. Gegensatz des Oceans zum Festlande in Bezug auf die Stärke der Produktion in den kühleren Gebieten.

Vor 2 Jahren [1]) habe ich eine Erklärung dafür zu geben versucht, dass im Gegensatz zum Festlande, auf dem die Dichtigkeit des Pflanzen- und Thierlebens von dem Aequator nach den Polen hin sichtlich abnimmt, das Meer merkwürdigerweise eher das umgekehrte Verhältniss, jedenfalls aber nicht eine nennenswerthe Abnahme in der Dichtigkeit des Pflanzen- und Thierlebens von dem Aequator nach dem Eismeer hin zeigt.

Zur näheren Betrachtung dieses Gegenstandes, der eine grosse allgemeine Bedeutung hat, muss zunächst die Frage geprüft werden, ob nicht doch etwa die kühleren und kalten Meere sehr viel weniger produciren als der Ocean im Tropengebiet. Ferner muss, wenn diese Frage verneint wird, die Ursache für eine so merkwürdige Thatsache gesucht und die Richtigkeit der von mir seinerzeit zur Erklärung aufgestellten Hypothese geprüft werden. Endlich wird es sich, namentlich mit Rücksicht auf die nahe bevorstehenden internationalen Untersuchungen der nordischen Meere, darum handeln, festzustellen, wie die Einsicht in den Stoffwechsel des Meeres, diese unentbehrliche Grundlage für die allgemeine Meeresbiologie, weiter gefördert werden kann.

Auf dem Lande wird in den Tropen, soweit die Produktionsbedingungen sonst günstig sind, eine ausserordentlich üppig entwickelte Vegetation, in den kalten und lichtärmeren Gebieten dagegen eine ungemein dürftige Vegetation erzeugt. Wenn man im tropischen Urwald einen Weg durch das Dickicht sich zu bahnen versucht hat und andrerseits mit den Urwaldriesen der Tropen die selten mehr als einen Finger hoch über den Boden sich erhebenden kümmerlichen Pflänzchen auf Spitzbergen vergleicht, so ist man von dieser Thatsache überzeugt.

In auffallendem Gegensatz dazu steht das Meer.

Ueber die Besiedelung der Küsten mit makroskopischen Uferpflanzen in den verschiedenen Breiten macht Schimper [2]) folgende Angaben:

1. Bezüglich der Tropen (S. 826 u. 827).

„Im Gegensatz zu der Landvegetation ist die tropische Meeresvegetation weniger üppig und anscheinend weniger formenreich als diejenige der temperirten und polaren Zonen". „Die Benthosvegetation der tropischen Meere ist zur Zeit noch sehr ungenau bekannt. Kein wissenschaftlicher Reisender scheint ihr bis jetzt eine genauere Untersuchung gewidmet zu haben. Auch ich habe derselben auf meinen tropischen Reisen besondere Aufmerksamkeit nicht geschenkt.

[1]) Ueber den Stoffwechsel im Meere. Wiss. Meeresunters. Abth. Kiel. N. F. Bd. 4. 1899. S. 215—230.

[2]) A. F. W. Schimper, Pflanzengeographie auf physiologischer Grundlage. Jena 1898.

Im Vergleich zu den Küsten nördlicherer Meere, z. B. denjenigen der Riviera, ist mir der auftauchende Gürtel ausserordentlich arm an Algen erschienen, so auf den kleinen Antillen, an den felsigen Küsten bei Singapore und an der Küste Javas. Eine Ausnahme machen jedoch in der neuen wie in der alten Welt die Mangroven, deren im Bereich der Gezeiten befindliche Wurzeln und Stambasen einen dichten Ueberzug schmutzig violetter Florideen aufwiesen [1])".

2. Bezüglich der kalten Meere (S. 836 u. 838).

„Die Algenflora des Arktik ist zwar artenarm und bedeckt weniger grosse Areale als in südlicheren Meeren; dagegen übertrifft sie diejenige aller anderen Meere, mit Ausnahme der antarktischen, durch die stattliche Entwickelung eines grossen Theiles ihrer Arten, gerade derjenigen, die gesellig auftreten und die Hauptmasse der Vegetation in allen Jahreszeiten bilden. Man steht, sagt Kjellman, dem wir die Kenntniss der arktischen Algenvegetation in erster Linie verdanken, wie vor einem unlöslichen Räthsel, wenn mit dem Schleppnetze aus der Tiefe des Meeres diese von ungebeugter und üppiger Lebenskraft zeugenden kräftigen Pflanzenformen heraufgeholt werden, während eine mächtige Eisdecke sich über das Meer ausbreitet, die Temperatur der Luft äusserst niedrig ist und nächtliche Finsterniss auch zur Mittagszeit herrscht".

Auch bezüglich der Thierwelt des Meeres weiss man längst, dass in den kalten Meeren die Seesäugethiere am grössten nnd zahlreichsten sind, dass die Seevögel nirgends in so ungeheuren Mengen auf den Vogelbergen nisten wie in den kalten Gebieten, und dass die Fische der kalten Meere nicht bloss durch erstaunlichen Individuenreichthum, sondern z. Th. auch durch gewaltige Dimensionen ausgezeichnet sind. Von den Walen leben die Bartenwale, die sich von Organismen der Hochsee, also direkt oder indirekt von Plankton nähren, vorzugsweise im kühleren Wasser. Die grössten von ihnen, zugleich die massigsten Thiere, die es überhaupt auf der Erde giebt, kommen dem hohen Norden und dem hohen Süden zu. Aehnlich ist es mit den Seehunden. Auch von diesen leben zahlreiche Individuen in den polaren Meeren, während sie im Tropengebiet zurücktreten. Diejenigen Robbenarten, die bedeutende Grösse erreichen (z. B. die Walrosse), sind sogar auf das eigentliche Eismeer angewiesen. Die enorme Menge der Seesäugethiere in den hohen Breiten hat die Seefahrer schon seit fast 3 Jahrhunderten veranlasst, das Eismeer der reichen Beute wegen aufzusuchen und auch die Ueberwinterung in jenen unwirthlichen Gegenden absichtlich auszuführen. Auch von den Fischen des Eismeeres gehören manche, wie Eishai und Heilbutt, zu den grössten Arten einerseits der Knorpelfische, andrerseits der Knochenfische. Viele andere Fische der kalten Meeresgebiete zeichnen sich durch grossen Individuenreichthum, z. Th. auch durch recht beträchtliche Dimensionen aus. Wie Hjort [2]) angiebt, finden in der nördlichen Hälfte der norwegischen Küste (nördlich von Stad), 80 % der grossen Fischereien Norwegens statt.

Das Vorhandensein so vieler grosser Thiere setzt auch sehr bedeutende Mengen von Nahrung in Gestalt kleinerer Organismen voraus. In der That sind auch die wirbellosen

[1]) Mir scheint, dass diese Ausnahme die Regel bestätigt, denn im Bereich der Gezeiten und zwischen den Mangroven macht sich der Einfluss des fruchtbaren Landbodens der Tropen geltend. — Während Schimper die Ufervegetation der Riviera reich erscheint gegenüber derjenigen der Tropen, hebt C. Vogt die Armuth der felsigen Küsten der Riviera im Vergleich zu dem Felsenufer von St. Malo hervor (Ocean und Mittelmeer. Frankfurt a. M. 1. Bd. S. 251.)

[2]) Norway, official publication for the Paris Exhibition. Kristiania 1900. S. 355.

Thiere in den kühleren Meeren z. Th. in ungeheurer Individuenzahl vertreten. Schmarda [1]) nennt das nördliche Eismeer „das Reich der Meersäugethiere und der Amphipoden“ und fügt hinzu: „Ueberhaupt ist die Thiermenge in den nördlichen Meeren eine ungeheure und steht in Kontrast zur Armuth des festen Landes; es finden sich sogar die grössten Thiere in dieser Region. Sie finden ihren Unterhalt in der unermesslichen Individuenzahl der niederen Formen“. In seiner Thiergeographie spricht sich Schmarda folgendermassen aus: „Das für die Festländer allgemein giltige Gesetz in der zoologischen Geographie, dass die Menge der Individuen die Mannigfaltigkeit der Formen und der Lebensweise der Thiere sich in einem gegen die Pole abnehmenden, nach dem Aequator beständig zunehmenden Verhältnisse befindet, erleidet für die Meere bedeutende Modifikationen; wir finden im Norden nicht nur ungeheure Thiermengen, sondern auch Thiere von bedeutender Körpermasse und die Riesen der Thierwelt, die Wale, haben hier ihre eigentliche Heimath. Masse und Zahl ist also nicht, und die Formenmannigfaltigkeit nur relativ kleiner, als im Süden“. Schmarda ergänzt diesen Satz unter anderem durch folgende Detailangaben (S. 643 und 644): „Im Belsund, einer kleinen Bucht von kaum einer halben Quadratmeile, welche an der Westseite Spitzbergens unter mehr als 77 ° n. B. liegt, existirte ein Reichthum an Thieren, welchen er (Kroyer) anderswo nirgends habe übertroffen oder selbst nur erreicht gesehen. Der Boden des Meeres war, ohne Uebertreibung, mit verschiedenen Arten von Ascidien und Conchylien bedeckt. Bei den Seehunden und Fischen, welche man Gelegenheit hatte, zu öffnen, war der Magen ganz voll Crustaceen, dasselbe war der Fall bei den unzähligen, auf der Meeresfläche weilenden Seevögeln. Dazu waren die Verhältnisse so beschaffen, dass man sie als für das thierische Leben sehr ungünstig betrachten musste“. — „Die kleinen, den Fischern unter dem Namen Tangflöhe bekannten und ebenfalls zu den Amphipoden gehörenden Thiere sind in Grönland so zahlreich, dass sie in einer Nacht den grössten Seehund verzehren können, so dass bloss das Skelet übrig bleibt. Cap. Holböll schreibt von diesen: Ich habe, nachdem ich in einer Tiefe von 75 Faden einen Rogen und ein Stück vom Kopfe eines Haies in einem Korbe ausgestellt habe, in 2 Stunden über 6 Pott (Quart) dieser kleinen Thiere erhalten, obgleich der Korb offen war, und einen breiten Streif gleich einem Bienenschwarme von den Thieren hinter sich liess, welche ihn beim Aufziehen verliessen“.

Vor Schmarda hat kein Geringerer als K. E. von Baer [2]) sich schon mit diesem Problem beschäftigt, wie die nachstehenden Sätze zeigen. Zunächst erinnert v. Baer daran, „dass in den höchsten geographischen Breiten, zu denen der Mensch sowohl nach dem Nordpole als nach dem Südpole hin gelangt ist, Robben und Walfische von verschiedener Art in der hohen See gefunden, und dass an den Küsten Schaaren von Robben anderer Art und von Walrossen nebst Wasservögeln gesehen werden. Alle diese höher organisirten Thiere können aber nur leben, indem sie andere organische Körper in grossen Massen täglich zu sich nehmen“. „Die Beweise von dem Reichthume

[1]) Zoologie. Wien 1871. 1. Bd. S. 136 und L. Schmarda, die geographische Verbreitung der Thiere. 3. Buch. Wien 1853. S. 585.

[2]) Ueber die Verbreitung des organischen Lebens. Vortrag i. d. Akad. Wiss. Petersburg 1838, in: Reden gehalten in wissenschaftlichen Versammlungen u. s. w. 1. Theil. Petersburg 1864. S. 178 u. ff.

des Lebens unter dem 78.—80. Grade nördlicher Breite lieferte, ausser den neueren wissenschaftlichen Reisen, welche die niederen Thiere mehr beachtet haben, schon der Jahrhunderte lang fortbestehende Walfischfang an der Grenze des Polareises zwischen Grönland und Spitzbergen". Um eine Vorstellung von der Masse der den Walen zur Verfügung stehenden Nahrung zu gewinnen, schätzt v. Baer auf Grund von Beobachtungen Scoresby's, dass in einer Kubikwerst des grünen Polarwassers 4750 Billionen kleiner gelbgrünlicher „Medusen" (grösserer Diatomeen) vorhanden sein werden. „Schon diese ungeheueren Züge von mikroskopischen Thierchen, deren Anzahl unsere Phantasie nicht zu fassen vermag, mögen uns den Beweis liefern, dass in der Breite von Spitzbergen das organische Leben nicht aufgehört habe". Es ist nach v. Baer nicht zu bezweifeln, dass auch unter dem Nordpol selbst so viel Leben sich entwickelt hat, als die physischen Bedingungen irgend möglich machen. „Es ist sogar fraglich, ob die Zahl der lebenden Individuen in der Polarzone nicht ebenso gross oder grösser ist, als in den tropischen Gegenden ein eben so weiter Raum enthält". Jedenfalls sind so ungeheuere Fischzüge, als man im Norden beobachtet, aus tropischen Gegenden nicht bekannt. „Dagegen besteht ein durchgehender Unterschied zwischen den Produktionen der Aequatorial-Gegenden und der Polargegenden darin, dass in ersteren die Zahl der Arten, oder die Mannigfaltigkeit der Formen viel grösser ist, wogegen die Zahl der Individuen im Norden ersetzen muss, was ihnen an Mannigfaltigkeit der Arten abgeht".

Ueber die reiche Besiedelung der Küsten Patagoniens macht Ch. Darwin[1]) nähere Angaben. „Wenden wir uns vom Lande zum Meere, so finden wir das letztere ebenso reichlich mit lebenden Wesen bevölkert, als das erstere arm daran ist. In allen Theilen der Welt trägt ein felsiges und theilweise geschütztes Ufer auf einem gegebenen Raume eine grössere Zahl von Individuen, als irgend eine andere Oertlichkeit. Ein Meeresprodukt ist wegen seiner grossen Bedeutung einer besonderen Schilderung werth. Es ist dies der Kelp oder *Macrocystis pyrifera*. Diese Pflanze wächst an jedem Felsen von der Ebbegrenze bis in eine grosse Tiefe, sowohl an der äusseren Küste als innerhalb der Kanäle. Ich glaube, während der Reisen des „Adventure" und des „Beagle" wurde nicht ein der Oberfläche des Meeres naher Felsen gefunden, welcher nicht durch diesen schwimmenden Tang wie durch eine Boje angegeben gewesen wäre." „Die Zahl lebender Wesen aller Ordnungen, deren Existenz ganz wesentlich von dem Kelp abhängt, ist wunderbar .... Fast alle Blätter mit Ausnahme derjenigen, welche an der Oberfläche schwimmen, sind so dick mit corallenartigen Thieren incrustirt, dass sie weiss sind. Man findet ganz ausgesucht zarte Gebilde, von denen einige von hydra-artigen Polypen, andere von höher organisirten Arten bewohnt werden, auch schöne zusammengesetzte Ascidien. Auf den Blättern heften sich auch verschiedene, patellen-artige Schnecken, *Trochus*-Arten, Nachtschnecken und einige Muscheln an. Zahllose Krustenthiere bewohnen jeden Theil der Pflanze. Schüttelt man die grossen verwickelten Wurzeln, so fällt ein Haufen von kleinen Fischen, Muscheln, Tintenfischen, Krabben von allen Sorten, Seeigeln, Seesternen, wunderschönen Holothurien,

[1]) Reise eines Naturforschers um die Welt. Ch. Darwin's gesammelte Werke, übersetzt von J. V. Carus. 1. Band. Stuttgart 1875. S. 274 u. f.

Planarien und kriechenden nereidenartigen Würmern in einer grossen Mannigfaltigkeit der Formen zusammen heraus. So oft ich auch einen Zweig von Kelp aufnahm, ich fand immer Thiere von neuer und merkwürdiger Struktur." „Ich kann diese grossen submarinen Wälder der südlichen Hemisphäre nur mit den Landwäldern in den Tropen vergleichen. Und doch glaube ich nicht, dass, wenn in irgend einem Lande ein Wald zerstört wird, auch nur annähernd so viele Thierarten zu Grunde gehen würden, als hier mit der Zerstörung des Kelp. Zwischen den Blättern dieser Pflanze leben zahlreiche Arten von Fischen, welche nirgends anders Nahrung und Schutz finden würden; mit ihrer Vertilgung würden auch die vielen Cormorane und andere von Fischen lebende Vögel, die Ottern, Robben und Meerschweine untergehen; und endlich würde auch der Wilde des Feuerlandes, der elende Herr dieses elenden Landes, seine cannibalischen Mahlzeiten verdoppeln müssen, der Zahl nach abnehmen und vielleicht zu existiren aufhören."

Von der enormen Menge der Amphipoden selbst in recht kaltem Wasser und in grossen Meerestiefen erhielt ich bei dem ersten Reusenversuch, den der Fürst von Monaco im Norden (Juli 1898), und zwar einige Meilen westlich von den Lofoten, machte, ein gutes Beispiel. Die grosse Reuse des Fürsten war mit etwa 50 Heringen, die theils frei in der grossen Reuse, theils in kleineren, engmaschigen Einsatzreusen aufgehängt waren, für 24 Stunden auf dem Meeresboden gelassen worden. Die Tiefe betrug 1095 m, die Temperatur am Grunde — 0,8°. Nach dem Aufziehen zeigte sich, dass alle Fische vollkommen skeletirt waren, und dass ausser einer geringen Anzahl von grossen (7 cm langen) Amphipoden Tausende von kleineren Flohkrebsen von 1—2 cm Länge in der Reuse sich befanden[1]). Von kleinen Flohkrebsen hatte nur mittels der engmaschigen Reuseneinsätze ein verhältnissmässig sehr geringer Theil zurückgehalten werden können, die bei weitem meisten sind uns überhaupt nicht in die Hände gefallen, sondern haben während des Heraufziehens der Reuse durch die weiten Maschen entschlüpfen können. Dass aber noch viele Tausende in der Reuse gewesen sein müssen, zeigten die völlig abgenagten Fischskelete. Später wurde bei der Hoffnungs-Insel, etwas südlich von Spitzbergen, in seichtem Wasser dieselbe Reuse in 12 m Tiefe für nur 5 1/2 Stunden ausgesetzt. Auch in diesem Falle war ein Theil der Fische skeletirt worden, an anderen sassen mehr als 100 kleinere (etwa 1,5 cm lange) Amphipoden dicht neben einander. Den Fang schätze ich auf mehrere Tausend solcher Flohkrebse, trotzdem auch in diesem Falle ein beträchtlicher Theil aus der für quantitative Untersuchungen nicht eingerichteten Reuse sich hat retten können. Richard[2]) führt noch folgendes Fangergebniss mit der grossen Reuse an: „C'est ainsi que dans le port de Saint-Jean de Terre-Neuve, en 1887, une nasse rapporta une quantité d' *Orchommella minuta* Kroyer, capable de remplir un bocal de trois litres, ce qui représente un nombre considérable de ces petits animaux." Aber nicht bloss Amphipoden, sondern auch Decapoden, Röhrenwürmer, Echinodermen, Schwämme und Mollusken werden

[1]) Genauere Angaben finden sich in der Schrift von J. Richard, Les Campagnes scientifiques de S. A. S. le Prince Albert I. de Monaco. 1900 (S. 86): 31 exemplaires d' *Hyperiopsis Vöringi* Sars, plusieurs centaines d' *Anonyx nugax* (Phipps), plusieurs milliers d' *Orchomene pectinatus* (Sars), enfin une espèce nouvelle *(Cyclocaris Guilelmi)*.

[2]) Les Campagnes scientifiques etc. 1900. S. 84.

oft in ungeheurer Individuenzahl vom Grunde des nordatlantischen und des arktischen Gebietes heraufgeholt, wie ich selbst gesehen habe und schon von vielen Forschern angegeben worden ist.

Bei Schilderung seiner Beobachtungen über den Meeresboden bei Ternate führt Kükenthal[1]) Folgendes aus: „Ein Vergleich mit der unter ähnlichen Bodenbedingungen vorkommenden reichen Litoralfauna des arktischen Gebietes fällt, was die Fülle des Thierlebens betrifft, entschieden zu Ungunsten dieses tropischen Gebietes aus. Diese meine Ansicht steht allerdings im Widerspruch zu dem alten Dogma [?], dass die Tropenmeere eine viel reichere Thierwelt aufzuweisen hätten als die arktischen. Was die Quantität der Litoralthiere der Arktis betrifft, so ist sie meiner Ueberzeugung nach eine grössere als die der Tropenmeere. Ich erinnere mich z. B., an der Ostküste von Spitzbergen mit dem Schleppnetz zentnerschweren Fang heraufgebracht zu haben, der nichts als Thiere (Hydroiden und Bryozoenrasen, Schwämme, Echinodermen verschiedener Arten, besonders massenhaft Holothurien etc.), aber nicht einmal eine Bodenprobe, enthielt." —

Bezüglich der Dichtigkeit der Küstenfauna und Flora ist man auf den allgemeinen Eindruck und auf Schätzungen angewiesen. Man kann auf Grund derselben nie einen vollgültigen Beweis für den grösseren oder geringeren Reichthum eines Meeresgebietes führen. Auch wenn man die Produzenten der Küstenregion, die grösseren Uferpflanzen selbst vergleicht, kann man zu Irrthümern gelangen, weil für die Bodenpflanzen die Beschaffenheit des Grundes, die Stärke des Frasses der Thiere u. s. w, in Betracht kommen.

Für das freie Wasser aber liegt in Hensen's Methode der quantitativen Plankton-Untersuchung ein Verfahren vor, das mehr als Schätzungen erlaubt, und das, in richtiger Weise immer weiter ausgestaltet, exakte Werthe liefert. Diese Methode, die im offenen Ocean und in grösserem Maasse zuerst auf der Plankton-Expedition 1889 angewandt worden ist, ergab, dass die Fänge in den kühlen Meeren (im Juli) voluminöser waren als in den tropischen Meeren (im August und September). Als besonders arm erwies sich (im August und Oktober) das recht gründlich untersuchte Sargassomeer, das nicht bloss durch Mangel an Strömungen, sondern auch dadurch ausgezeichnet ist, dass es bis in beträchtliche Tiefen hinab verhältnissmässig hoch temperirt ist. Es handelte sich nun weiter darum, in verschiedenen Klimaten möglichst vollständige Serien von quantitativen Planktonfängen während eines längeren Zeitraumes auszuführen.

Solche Fangserien sind gemacht worden:

1. während mehrerer Jahre in der Kieler Bucht von Apstein und mir (1888—1893);
2. in allen Jahreszeiten eines Jahres oder doch während mehrerer Monate
   a) im arktischen Gebiet, Karajakfjord im nordwestlichen Grönland 70° n. Br. durch Vanhöffen 1892/93;
   b) im Mittelmeer die Strasse von Messina durch Lohmann 1896/97, neuerdings das freie Mittelmeer bei Syrakus, gleichfalls durch Lohmann 1900/01, der Golf von Neapel durch Schütt 1888/89 und später durch Apstein 1895/96;

[1]) W. Kükenthal. Forschungsreise in den Mollukken und in Borneo. Frankfurt a. M. 1896. S. 48.

c) im Tropengebiet die Bucht von Ralum (Neupommern) 4° s. Br. durch Dahl 1896/97.

Da bis jetzt nur ein Theil dieser Fänge genauer durchgezählt ist, so muss ich mich vorläufig auf die Volumen-Messungen beschränken. Ehe ich die Resultate dieser Messungen in einer tabellarischen Uebersicht zum Vergleich zusammenstelle, habe ich einige nähere Angaben darüber zu machen, wie die zu vergleichenden Werthe erhalten sind.

I. Arktisches Gebiet. (Karajakfjord 70° n. Br.)

An verschiedenen Stellen des Karajakfjords und bei recht verschiedener Tiefe hat Vanhöffen[1]) 15 quantitative Planktonfänge mit dem sogenannten „mittleren Planktonnetz von Apstein“ ausgeführt.

Leider hat er nicht, wie alle Anderen, deren Untersuchungen ich hier zum Vergleich heranziehe, Müllergaze Nr. 20 als Netzzeug verwandt, sondern die Gaze Nr. 19. Die Fänge sind also wegen des durchlässigeren Netzzeuges etwas zu klein. Die von Vanhöffen angegebenen Werthe stelle ich zur nachstehenden Tabelle zusammen.

Karajakfjord nach Vanhöffen (s. Fig. 1[2]).

		Tiefe (m)	Vol. (ccm)			Tiefe (m)	Vol. (ccm)
1892.	August 16.	29	23,5	1893.	Januar 8.	75	0,8
	September 5.	26	170		„ 30.	60	0,6
	Oktober 2.	40	0,7		Februar 20.	27	0,35
	„ 15.	90	0,8		März 24.	190	1,05
	„ 15.	225	1,0		Mai 23.	100	1,8
	November 9.	100	0,7		„ 23.	147	3,0
	„ 20.	50	0,6		Juli 19.	65	31
	Dezember 18.	83	0,8				

Es ist sehr schade, dass die beiden letzten Fangtage volle 8 Wochen auseinander liegen. Dadurch dass Vanhöffen im Juni gar keinen Planktonfang gemacht hat, hat er nach meiner Ueberzeugung das Hauptmaximum des Frühjahrs verpasst. Unter der festen Eisdecke (von Anfang Dezember bis Anfang Juni) war stets Plankton vorhanden, das schon im März in Folge starker Vermehrung von *Fragilaria* und anderen Diatomeen beträchtlich zunahm.

II. Kieler Bucht.

Hensen's Untersuchungen über das Plankton der Kieler Bucht habe ich in Gemeinschaft mit Apstein 5 Jahre hindurch (September 1888 bis September 1893) in der Weise fortgesetzt, dass möglichst in jedem Monat an derselben Stelle, am Eingang der Kieler Aussenföhrde (an der Heulboje), mit Hensen's grossem Planktonnetz ein quantitativer Fang vom Grunde (20 m) bis zur Oberfläche gemacht wurde. Die früher bereits veröffentlichte Volumen-Kurve zeigt, dass die 5 Beobachtungsjahre zwar manche Abweichungen, daneben aber wichtige

[1]) E. Vanhöffen. Die Fauna und Flora Grönlands. S. 288 in: Grönland-Expedition der Ges. f. Erdkunde zu Berlin II. Bd. 1. Theil. Berlin 1897.

[2]) Die in den 5 Figuren dargestellten 7 Volumkurven sind sämmtlich in gleichem Massstabe gezeichnet (1 cm = 4 ccm abgesetzte Masse).

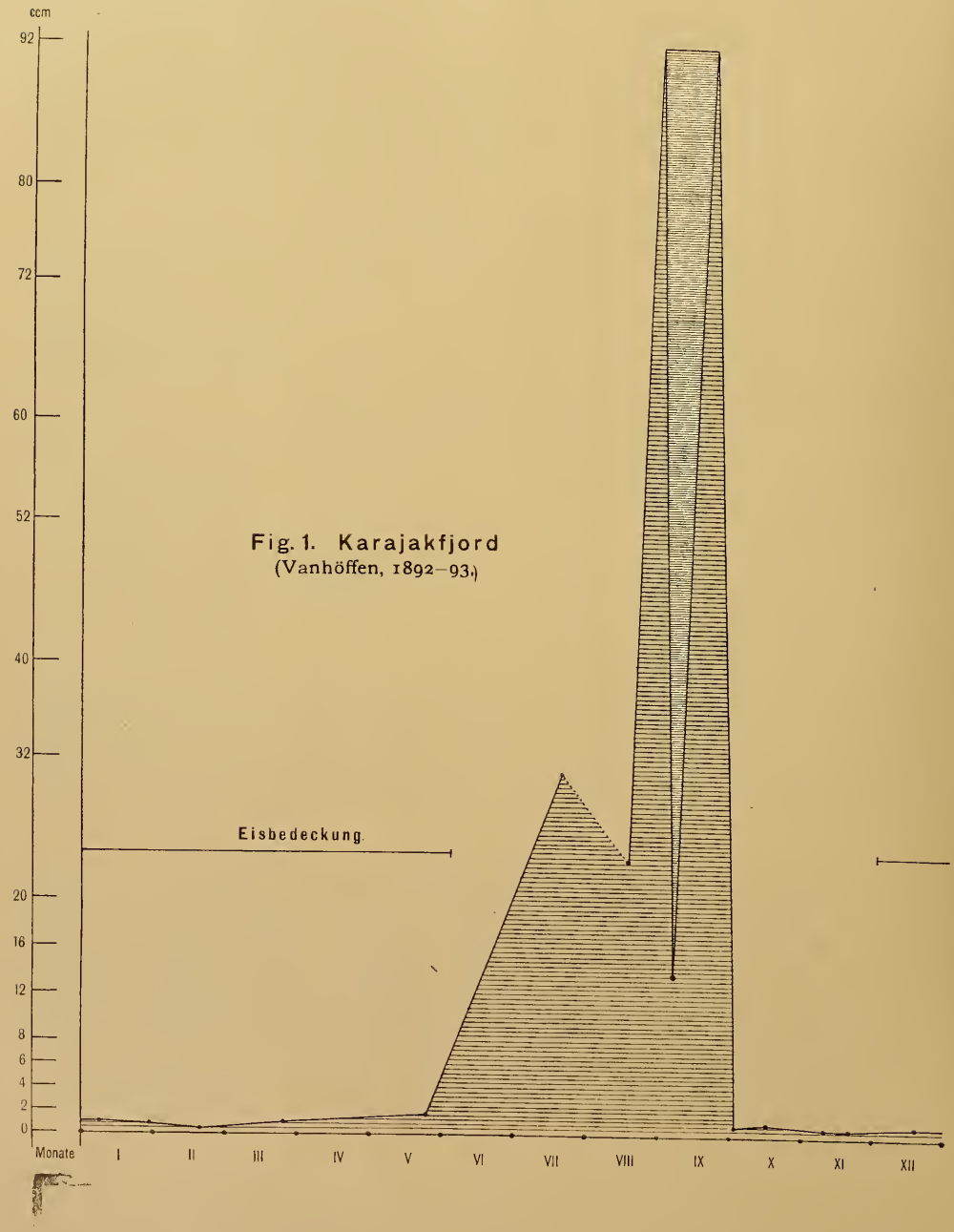


Fig. 1. Karajakfjord
(Vanhöffen, 1892–93.)

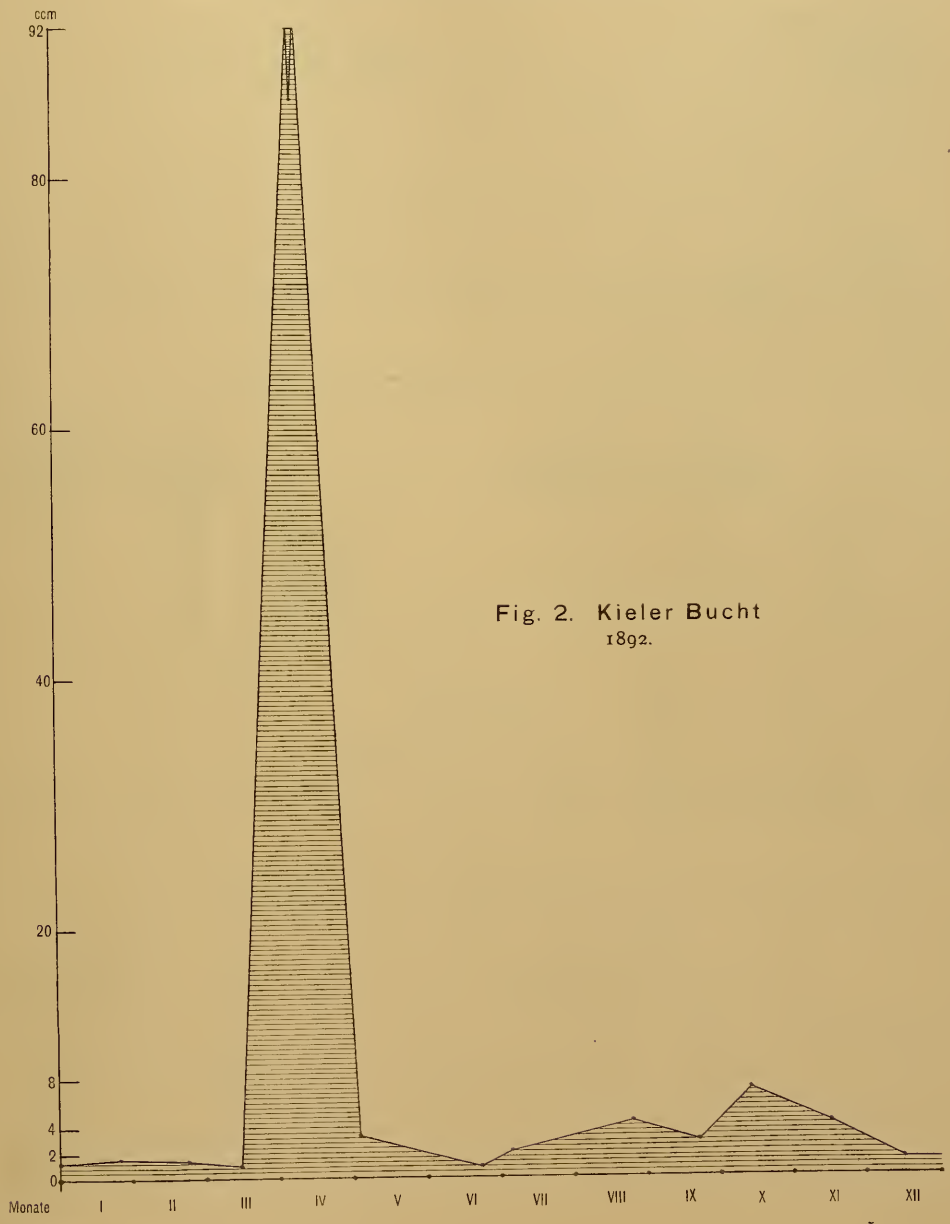


Fig. 2. Kieler Bucht
1892.

Uebereinstimmungen erkennen lassen. (K. Brandt, Die Fauna der Ostsee, Verhandl. d. Deutsch. Zool. Gesellsch. 1897, S. 30.) Sehr grosse Fänge kommen nur im Frühjahr vor, je nach den Jahren Mitte März oder im April oder Anfang Mai. Dieses Maximum wird immer durch die Hauptwucherungsperiode der Diatomeen veranlasst. Im August oder September wird in mehr oder weniger ausgesprochener Weise noch ein zweites durch Diatomeenwucherung hervorgerufenes Maximum angetroffen, das aber stets geringer ist als das im Frühjahr.

Von den 5 Jahren wähle ich für die Vergleichung der Plankton-Volumina mit denjenigen anderer Küstenplätze das Jahr 1892 aus. Beide Diatomeen-Maxima waren in diesem Jahre verhältnissmässig gering. Die Volumina der in den verschiedenen Monaten gemachten Fänge sind in der nachstehenden Tabelle zusammengestellt. Neben den direkt gemessenen Werthen ist der reduzirte Werth angegeben.

Kieler Föhrde. Grosses Planktonnetz 20—0 m (Fig. 2).

	Volum in ccm			Volum in ccm	
	gemessen (der mit dem grossen Netz erhaltene Fang)	(auf das mittlere Netz reduzirt, Originalwerth durch 6,5 dividirt)		gemessen (der mit dem grossen Netz erhaltene Fang)	(auf das mittlere Netz reduzirt, Originalwerth durch 6,5 dividirt)
1892. Januar 25.	10,5	1,6	1892. Juli 4.	14	2,1
Februar 23.	8	1,3	August 24.	28,5	4,4
März 14.	6,5	1	September 21.	19	2,9
April 7.	635	97,7	Oktober 13.	47	7,2
Mai 2.	23	3,5	November 15.	28,5	4,4
Juni 21.	5,5	0,8	Dezember 16.	8,5	1,3

III. Mittelmeer.

a. Golf von Neapel.

Unter Anwendung des grossen Planktonnetzes hat Schütt [1]) bei seinen Fängen im Winter 1888/89 folgende Werthe erhalten.

Golf von Neapel nach Schütt (Fig. 4).

Grosses Planktonnetz an verschiedenen Stellen und bei verschiedener Tiefe angewandt.

	Tiefe (m)	Volum in ccm: gemessen	Volum in ccm: auf das mittlere Netz (durch Division des Originalwerthes mit 6,5) reduzirt		Tiefe (m)	Volum in ccm: gemessen	Volum in ccm: auf das mittlere Netz (durch Division des Originalwerthes mit 6,5) reduzirt
1888. Oktob. 23.	20	0,75	0,12		100	2	0,3
	20	0,75	0,12		200	2,8	0,43
	50	1,5	0,23		450	3,3	0,5
	20	1	0,15	Dezbr. 5.	20	22,75	3,5
	50	1,3	0,2		20	23,25	3,57

[1]) F. Schütt, Analytische Plankton-Studien. Kiel und Leipzig 1892, S. 85 u. Anhang B Tabelle 13 u. 16.

	Tiefe (m)	Volum in ccm gemessen	Volum in ccm auf das mittlere Netz (durch Division des Originalwerthes mit 6,5) reduzirt
1889. Januar 9.	20	1,25	0,19
	20	1,75	0,27
	50	1,5	0,23
	50	1,5	0,23
	100	2	0,3
	20	0,8	0,13
Februar 15.	20	1	0,15
Februar 15.	20	1	0,15
	50	1	0,15
	100	1,5	0,23
März 8.	20	1	0,15
	20	1	0,15
	50	1	0,15
	100	1,5	0,23

Nach den ausserdem durch Horizontalzüge gemachten Oberflächenfängen ergab sich, dass wegen des massenhaften Vorkommens der Diatomee *Chaetoceros* quantitative Fänge im November mehr als doppelt soviel hätten ergeben müssen als die Dezemberfänge. Schütt giebt auf Grund von Berechnungen an, dass am 27. November 1888 ein Vertikalzug mit Hensen's Netz von 20 m Tiefe bis zur Oberfläche etwa 53,7 ccm Fang ergeben haben würde, auf das mittlere Netz reduzirt also 8,26 ccm.

Ausserdem hat Apstein im Winter 1895/96 mit dem mittleren Netz im Golf von Neapel an verschiedenen Stellen und in verschiedener Tiefe quantitative Fänge gemacht, über die er noch nichts publicirt hat.

Golf von Neapel nach Apstein. Mittleres Planktonnetz (Fig. 3).

	Ort des Fanges	Tiefe (m)	Vol. (ccm)
1895. Oktober 16.	Bocca grande	200	6
„ 22.	Mitte des Golfes	200	15
November 1.	„ „	200	11
„ 12.	„ „	200	18
„ 19.	„ „	200	20
December 10.	Bocca grande	100	2,5
„	„	20	1,5
„	„	5	0,7
1896. Januar 6.	Unweit des Posilipp	40	10
„	„ „	25	8
„	„ „	5	3,4
„ 14.	Mitte des Golfes	200	8,5
„	„ „	100	7
„	„ „	5	1,6
„ 24.	Zwischen Capri und Sorrent	100	26,5
„	„ „	5	3,7

Die von Apstein erhaltenen Werthe sind sehr viel höher als die früher von Schütt konstatirten. Ausser dem auch von Schütt wahrgenommenen und von Apstein wieder angetroffenen Maximum im November, das durch Diatomeenwucherung hervorgerufen wird, muss nach Apstein's Untersuchungen im Jahre 1896 auch Ende Januar eine sehr üppige Entwicklung von Diatomeen stattgefunden haben.

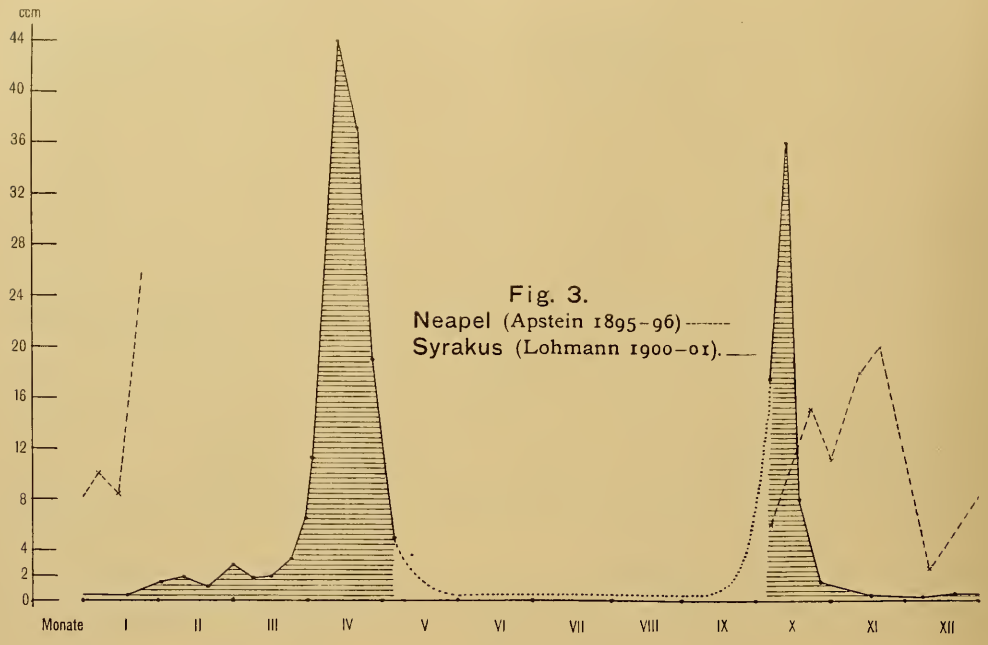


Fig. 3.
Neapel (Apstein 1895–96) ------
Syrakus (Lohmann 1900–01). ——

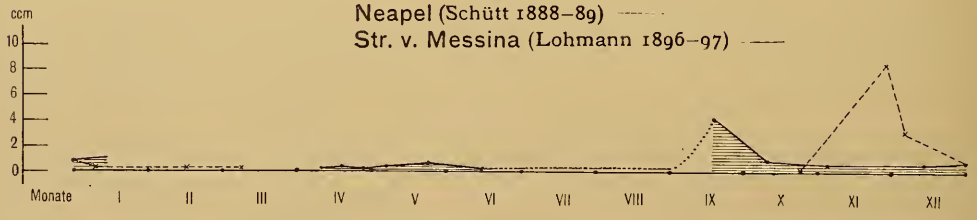


Fig. 4.
Neapel (Schütt 1888–89) ------
Str. v. Messina (Lohmann 1896–97) ——

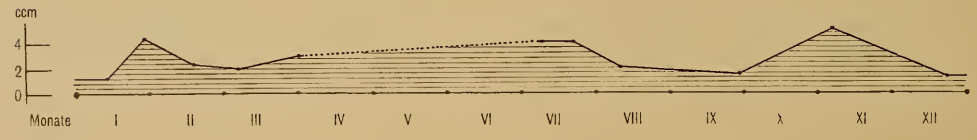


Fig. 5. Ralum (Dahl 1896–97).

b) Strasse von Messina.

Quantitative Planktonuntersuchungen in der Strasse von Messina hat Lohmann[1]) in der Zeit von Anfang April 1896 bis Februar 1897 ausgeführt. In den Monaten April, Mai und Juni war die Menge des mit dem mittleren Planktonnetz in der Strasse von Messina erbeuteten Planktons sehr gering. Auch im Juli und August erwies sich bei häufiger Anwendung des „Brutnetzes" die Planktonmenge als so geringfügig, dass quantitative Planktonfänge nicht ausgeführt wurden. Im September wurde das durch Diatomeen hervorgerufene Maximum konstatirt (4,33 ccm). Im Oktober, November und Dezember war wieder die Menge sehr gering; erst im Januar nahm sie wieder etwas zu. Im Februar hat Lohmann leider nicht mit dem Planktonnetz gefischt, doch liess die Vermehrung des Auftriebs bei Benutzung des Brutnetzes auf Ansteigen der Kurve schliessen. Im Monat März fand keine Untersuchung mehr statt. Nach Analogie mit den später bei Syrakus gemachten Erfahrungen wird auch in der Strasse von Messina im März (oder April) ein Maximum durch Diatomeen hervorgerufen werden.

Strasse von Messina nach Lohmann (Fig. 4).

		Tiefe (m)	Vol. (ccm)	
1896.	April 10.	200	0,13	(sehr schlecht abgesetzt)
	„ 20.	„	0,33	
	„ 27.	„	0,16	(sehr schlecht abgesetzt)
	Mai 6.	„	0,33	
	„ 22.	„	0,77	
	Juni 14.	„	0,15	
	September 18.	270	4,33	
	„ „	360	3,00	
	Oktober 9.	„	1,0	(sehr viel Sand)
	November 4.	„	0,6	„
	„ „	„	0,55	„
	Dezember 13.	„	0,66	
1897.	Januar 13.	„	1,11	
	„ „	„	1,11	

Auf Grund der Untersuchungen Lohmann's, die mit den älteren von Schütt im Golf von Neapel angestellten Beobachtungen in Einklang standen, musste ich das Mittelmeer im Vergleich zu den anderen untersuchten Gebieten als ganz besonders arm an Plankton bezeichnen.

c. Freies Mittelmeer bei Syrakus.

In neuester Zeit hat mir Lohmann seine vor kurzem bei Syrakus im freien Mittelmeer angestellten Untersuchungen freundlichst zur Verfügung gestellt. Um den Küsteneinfluss zu vermeiden, hat Lohmann einen Platz am Mittelmeer aufgesucht, an dem man mit einem Ruderboot leicht auf tiefes und zugleich nicht oder doch nur sehr wenig in Strömung begriffenes Wasser gelangen kann. Da die Fänge bei Syrakus nicht, wie an den meisten anderen Plätzen,

[1]) Lohmann, Untersuchungen über den Auftrieb der Strasse von Messina mit besonderer Berücksichtigung der Appendicularien und Challengerien. Sitz. Akad. Wiss. Berlin. 1899. S. 394 ff.

in einer Bucht ausgeführt sind, sondern im offenen Mittelmeer in erheblicher Entfernung von der wegen ihrer starken Gezeitenströmungen für quantitative Planktonuntersuchungen ungeeigneten Strasse von Messina, so sind sie besonders geeignet, um über die biologischen Verhältnisse des Mittelmeeres Aufschlüsse zu geben. Wie die nachstehende Uebersicht zeigt, wurden trotz geringerer Tiefe des Fanges grössere Volumina erhalten als in der Strasse von Messina.

Freies Mittelmeer bei Syrakus nach Lohmann (Fig. 3).

	Tiefe des Fanges (m)	Tiefe des Meeres an der Fangstelle (m)	Vol. (ccm)		Tiefe des Fanges (m)	Tiefe des Meeres an der Fangstelle (m)	Vol. (ccm)
1900. Oktober 6.	94	400	17,75	1901. März 1.	77	100	2,8
„ 12.	94	200	36	„ 2.	77	200	2,9
„ 17.	94	200	8	„ 8.	110	600	1,8
„ 26.	94	600	1,3	„ 15.	77	200	1,9
November 17.	94	500	0,4	„ 23.	77	150	3,5
December 7.	110	700	0,25	„ 29.	77	200	6,5
„ 19.	94	1000	0,5	April 2.	77	200	11
1901. Januar 18.	77	600	0,5	„ 12.	77	200	44
Februar 1.	77	250	1,4	„ 20.	77	200	37
„ 9.	77	200	1,5	„ 26.	77	100	19
„ 20.	77	150	1,0	Mai 9.	77	800	5

IV. Tropengebiet.

Bucht von Ralum, Neupommern 4° s. Br.

Während seines mehr als dreivierteljährigen Aufenthaltes auf Neupommern hat Dahl mit dem mittleren Planktonnetz eine grosse Anzahl von Fängen (meist 1,5 km vom Lande entfernt) gemacht, deren Volumina später Lohmann gemessen hat. Leider hatte Dahl die grösseren Copepoden aus den Fängen herausgesucht, ehe die Volumbestimmung erfolgte. In Folge dessen mussten die Messungen der Volumina etwas zu kleine Werthe geben. Erfahrungsgemäss ist das Volumen, das die grösseren Copepoden einnehmen, im Verhältniss zu der Masse des Mikroplankton nur unbedeutend; es beträgt meist nur einen Bruchtheil eines Kubikcentimeters. Um diesen Fehler nach Möglichkeit wieder auszugleichen, habe ich für alle diejenigen Fänge, die ich für die Volumen-Kurve verwende, den Verlust möglichst hoch, zu $^1/_3$ des erhaltenen Volumens veranschlagt (s. u.).

Dahl, Neupommern. Mittleres Planktonnetz (Fig. 5).

	Tiefe des Fanges (m)	Vol. (ccm) gemessen		Tiefe des Fanges (m)	Vol. (ccm) gemessen		Tiefe des Fanges (m)	Vol. (ccm) gemessen
1896. Juli 6.	1	1,25	1896. Juli 6.	40	1,9	1896. Juli 21.	200	3,25
	1	0,4		100	3,0	„ 22.	20	2,0
	1	0,5	„ 21.	5	1,0	August 10.	1	0,4
	10	0,6		5	1,5		5	0,4
	20	1,25		40	2,0		5	0,5

	Tiefe des Fanges (m)	Vol. (ccm) gemessen		Tiefe des Fanges (m)	Vol. (ccm) gemessen		Tiefe des Fanges (m)	Vol. (ccm) gemessen
1896. August 10.	10	0,4	1896. Dezember 23.	10	0,33	1897. Januar 29.	40	2,1
	20	0,4		40	0,6		100	2,5
	40	1,25		100	1,0		100	3,75
	100	1,5		200	1,0	Februar 18.	40	1,5 [1])
Septemb. 28.	100	1,0	1897. Januar 13.	1	0,33		500 m. Leine	2,0 [1])
November 6.	1	0,5		5	0,33	„ 20.	15	0,5
	5	0,6		10	0,33		15	1,0
	10	0,7		20	0,5		20	0,6
	20	0,9		40	0,8	März 5.	20	0,75
	40	1,9		100	1,0	„ 30.	5	0,75
	100	3,5		200	1,5		10	0,75
	200	5,0	„ 29.	20	1,0		20	1,5
Dezember 23.	1	0,4		20	1,0		40	1,9
	5	0,33		40	1,75		150	2,5

Von diesen Zahlen verwende ich für die Volumen-Kurve folgende, z. Th. durch Interpoliren gewonnene Werthe. Um den Fehler, der durch das Herausnehmen der Copepoden herbeigeführt ist, zu korrigiren, habe ich den Verlust zu $^1/_3$ des gemessenen Werthes angenommen und das korrigirte Volumen in Klammer daneben gesetzt. Bei 100 m Tiefe:

Juli 7.	3 ccm	(4 ccm)	Januar 13.	1,0 ccm	(1,3 ccm)
„ 21.	[3] „	(4 „)	„ 29.	3,3 „	(4,4 „)
August 10.	1,5 „	(2 „)	Februar 18.	[1,8] „	(2,4 „)
September 28.	1,0 „	(1,5 „)	März 5.	[1,5] „	(2 „)
November 6.	3,5 „	(4,7 „)	„ 30.	2,3 „	(3,1 „)
Dezember 23.	1,0 „	(1,3 „)			

Zur Ergänzung der in mancher Hinsicht unvollkommenen Fänge von Dahl führe ich anhangsweise noch die wichtigsten Ergebnisse, welche Krämer [2]) bei seinen ausgedehnten Untersuchungen über die Planktonmenge an verschiedenen Küstenplätzen, besonders des tropischen pacifischen Oceans erhalten hat. Da er ein anderes Netz (das kleine Planktonnetz nach Apstein, Weite der Oeffnung $^1/_{75}$ qm) und anderes Netzzeug (Müllergaze Nr. 12 und Nr. 19, nicht aber Gaze Nr. 20) gebraucht, ausserdem eine andere Methode der Volumbestimmung (unter Anwendung der Centrifuge) und auch eine andere Berechnungsweise (Berechnung auf 1 cbm Wasser) verwandt hat, so sind seine Resultate nur schwer mit denen anderer Forscher, sehr gut aber unter einander zu vergleichen.

a. Fänge bei den Samoa-Inseln.

Krämer (S. 126) hat im ganzen 212 quantitative Vertikalfänge an den samoanischen Küsten gemacht. Die Tiefe, von der aus das kleine Netz senkrecht emporgezogen wurde,

[1]) Mitten zwischen Gazellenhalbinsel und Neu-Lauenburg. Starke Strömung.

[2]) Augustin Krämer, Ueber den Bau der Korallenriffe und die Planktonvertheilung an den Samoanischen Küsten. Kiel und Leipzig 1897.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE MASS.

betrug meist 10 m, zuweilen auch mehr (bis 40 m). Durchschnittlich waren **0,42** ccm Plankton in 1 cbm Wasser vorhanden. Das Maximum war 1,4 ccm im Juni (im Durchschnitt verschiedener Fänge 1,0 ccm in 2 verschiedenen Jahren, 1894 und 95) zu Apia, das Minimum 0,04 zu Leone im Oktober. Die höchsten Fänge wurden im Mai und Juni erreicht, also bei Beginn der Passatzeit. Für die nahe bei einander gelegenen und ungefähr dieselben Verhältnisse darbietenden Plätze Apia und Saluafata erhielt er in verschiedenen Monaten folgende Durchschnittswerthe:

Mai	0,49 ccm in 1 cbm	September	0,52 ccm in 1 cbm
Juni	0,78 „	Oktober	0,3 „
Juli	0,53 „	November	0,69 „
August	0,33 „		

Die Schwankungen im Planktongehalt sind „gemäss dem geringen Wechsel in der Temperatur der Jahreszeiten verhältnissmässig geringe".

b. Planktonfänge an anderen tropischen Küsten.

Wie Krämer S. 130 anführt, zeigten auch die 11 Fänge von den Viti-Inseln (im April) denselben Durchschnitt, wie die 212 Fänge Samoas, nämlich **0,42** ccm in 1 cbm Wasser. 6 Fänge bei Aden (Ende Juli) ergaben 0,9 bis 1,0 ccm in 1 cbm Wasser, enthielten jedoch viel Sandkörnchen. Endlich betrug das Mittel von 4 Netzzügen, die im August bei Suez gemacht wurden, **0,46** ccm pro cbm.

c. Planktonfänge an den Küsten von Neu-Seeland und Neusüdwales.

117 verschiedene Fänge ergaben durchschnittlich **1,84** ccm Plankton auf 1 cbm Wasser (S. 129). Das Maximum war hier 8,5 ccm im Hafen von Sidney (April), das Minimum 0,52 zu Akaroa im Süden von Neuseeland (Februar). Den Grund für diesen kleinen Fang sieht Krämer in der Nähe der offenen See, indem der Fang im Hafenausgang bei Hochwasser stattfand. Nach Tabelle D (S. 157—159) hat Krämer [1]) folgende Durchschnittswerthe an verschiedenen Küstenplätzen von Neu-Seeland und Neusüdwales erhalten:

[1]) Bei Fängen in freier See hat Krämer (S. 145 u. 156) stets niedrige Werthe erhalten:

			Centrifugirtes Vol.	also in 1 cbm
Dezember	26° s. Br. bei den Tonga-Inseln	100 m	0,2 ccm	0,15 ccm
März	Bai of Plenty (Neu-Seeland, Nordinsel)	40 „	0,15 „	0,24 „
„	„ „ „	10 „	0,05 „	0,32 „
„	Castle-Point (60 Sm. von der Nordinsel von N. Z.)	20 „	0,15 „	0,49 „
„	„ „	20 „	0,1 „	0,32 „
„	„ „	100 „	0,35 „	0,24 „
Februar	Blessheim (Cookstr. Neu-Seeland)	30 „	0,05 „	0,1 „
April	Sidney (ca. 15 Sm ab)	10 „	0,03 „	0,2 „
„	„ „	20 „	0,12 „	0,44 „
„	„ „	30 „	0,13 „	0,32 „

ccm in 1 cbm Wasser (meist 10 m Tiefe)

1894. Januar	0,55	1894. März	1,5	1894. April	1,2
	3,0		1,15	Mai	2,3
	1,1		1,12	Dezember	1,32
	1,1		0,95	1895. Januar	1,3
	0,75		1,6	Februar	2,06
	1,3		2,5		1,35
	2,4		1,5		0,55
	2,0		5,8		0,97
Februar	3,0		4,5	März	1,23
	1,65		1,3		1,27
März	1,3	April	6,2	April	1,25
	1,1		2,1		1,28

d. Vergleichsfänge aus der Kieler Bucht.

Die von Krämer in der gleichen Weise ausgeführten und ebenso berechneten Fänge in der Kieler Bucht ergaben folgende Werthe:

19. Dezember 1895	4,4 ccm in 1 cbm (10 m)	14. April 1896	11,0 ccm in 1 cbm (10 m)
„	3,65 „ „ „ „	15. „	18,0 „ „ „ (20 m)
„	2,9 „ „ „ „	29. „	6,0 „ „ „ (10 m)
„	4,4 „ „ „ „	22. Mai 1896	3,25 „ „ „ „
„	4,9 „ „ „ „	28. „	1,9 „ „ „ „
14. April 1896	6,6 „ „ „ „	„	2,2 „ „ „ „

Der „Armuth des tropischen pacifischen Oceans“ hat Krämer (S. 138 u. f.) auf Grund von bereits vorliegenden Angaben (im Reisebericht der Challenger-Expedition, ferner von Semper, Studer, Finsch, Graeffe, Giesbrecht) und eigener Untersuchungen ein besonderes Kapitel gewidmet. Er kommt zu dem Schlusse, dass allem Anscheine nach „der offene Ocean der Tropen allenthalben um ein deutliches ärmer ist, als der der gemässigten Zonen, und dass im offenen Ocean überhaupt allenthalben eine gewisse Armuth vorherrscht“. Die Ergebnisse, zu denen er gelangt, stehen also im grossen und ganzen im Einklang mit den Resultaten der Plankton-Expedition. —

Abgesehen von einigen schon im Speziellen angeführten Mängeln, die der einen oder der anderen Untersuchung anhaften, erschweren noch einige andere Umstände den direkten Vergleich der Fänge, die an verschiedenen Küstenplätzen gemacht worden sind. Als solche sind hervorzuheben die recht verschiedene Tiefe, von der aus das Netz senkrecht emporgezogen ist, ferner der verschieden starke Küsteneinfluss, der sich bei fast allen Stationen (ausser Syrakus) in mehr oder weniger hohem Grade geltend gemacht haben wird, und endlich der Umstand, dass die Fänge, die an den einzelnen Küstenplätzen gemacht worden sind, nicht rascher auf einander folgen. Man würde ein getreueres Bild bekommen haben, wenn in jeder Woche ein quantitativer Fang, und zwar möglichst an derselben Stelle und möglichst vom Grunde bis zur Oberfläche gemacht worden wäre. Bezüglich der verschiedenen Tiefe, von der aus das Netz emporgezogen ist, lassen sich 3 Gruppen von Fängen unterscheiden:

1. solche, die aus einer Tiefe von 15—30 (meist 20) m bis zur Oberfläche
2. „ „ „ „ „ „ 40—120 („ 100) „ „ „ „
3. „ „ „ „ „ „ 130—500 („ 200) „ „ „ „

ausgeführt worden sind. Auch wenn man nur diejenigen Netzzüge, die eine gleich hohe Wassersäule abgefischt haben, vergleichen will, müsste in Betracht gezogen werden, ob der Fang in seichtem Wasser vom Grunde aus oder in tieferem Wasser aus der gleichen Tiefe gemacht worden ist. Im ersteren Falle wird man im allgemeinen höhere Werthe erhalten als im letzteren. Bei Fängen, die an Küstenplätzen, und noch dazu meist in Buchten, gemacht sind, muss der Einfluss des Ufers sich mehr oder weniger störend geltend machen. Das Plankton kann in der Uferregion einerseits aus verschiedenen Gründen ärmer, andrerseits aber auch erheblich reicher sein als im freien Wasser. Aermer wird es in Folge der Zehrung von Planktonorganismen seitens der Bodenthiere werden, ferner wegen des Absterbens empfindlicherer Hochseebewohner in Folge etwas veränderter Salzgehalts- oder Temperaturverhältnisse oder auch in Folge zu geringer Tiefe oder geringfügiger Verunreinigungen des Wassers, dann aber auch wegen der mehr oder weniger starken Inanspruchnahme der im Wasser gelösten Nährstoffe durch Uferpflanzen. Wie gross der schädigende Einfluss dieser Umstände auf das Plankton werden kann, habe ich bei Untersuchungen im Kaiser Wilhelm-Kanal erfahren[1]), zeigt sich ausserdem aber auch bei Vergleich der vier verschiedenen Untersuchungsreihen im Mittelmeer. Andrerseits kann aber auch eine Anreicherung des Planktons durch den Küsteneinfluss erfolgen, dadurch z. B., dass in Buchten in Folge von Winddruck die oberen, an Plankton reicheren Wasserschichten hineinströmen und sich anstauen, oder dass freischwimmende Entwicklungszustände (Larven u. s. w.) von echten Küstenthieren oder auch Küsten-Diatomeen (wie Skeletonema u. a.) in grosser Menge dem Plankton sich beimischen, oder endlich dass gewisse Pflanzennährstoffe, die im freien Wasser nur spurenweise sich finden, in der Nähe der Küste etwas reichlicher vorhanden sind. Die einzige Untersuchungsreihe, bei der der Küsteneinfluss mit Absicht möglichst vermieden ist, ist die von Lohmann bei Syrakus gewonnene.

Endlich sind aber noch zwei Umstände anzuführen, welche die Vergleichbarkeit von Fängen, die zu verschiedener Zeit oder an verschiedenem Ort gemacht sind, in hohem Grade erschweren. Erstens giebt, wie mit Recht schon von verschiedenen Seiten hervorgehoben ist, die Volumbestimmung allein keinen zuverlässigen Massstab für die Menge der im Fange vorhandenen organischen Substanz, weil die sperrigen und substanzarmen Diatomeen unverhältnissmässig viel Raum einnehmen. Alle Fänge, deren Volumen das Durchschnittsmass erheblich überschreiten, enthalten viele Diatomeen oder bestehen gar vorzugsweise aus solchen. Die bis jetzt vorliegenden Untersuchungen reichen noch nicht aus um in derartigen Fällen die Menge der Substanz nach dem Volumen zu berechnen, doch ist das Ziel keineswegs gänzlich unerreichbar, wenn man wiederholt von zwei Parallelfängen den einen durchzählt, den anderen der chemischen Analyse unterwirft. Ein zweiter recht empfindlicher Uebelstand besteht darin,

[1]) K. Brandt, Das Vordringen mariner Thiere in den Kaiser Wilhelm-Kanal. Zoolog. Jahrbücher (Abth. f. Systematik u. s. w. 9. Band 1896. S. 408.

	Karajak Vanhöffen 1892/93			Kiel (Heulboje) 1892			Neapel Schütt 1888/89			Neapel Apstein 1895/96			Strasse v. Messina Lohmann 1896/97			Syrakus Lohmann 1900/01			Ralum (Neupommern) Dahl 1896/97		
Tiefe des Fanges	meist			meist			meist			meist			meist			meist			meist		
	20 m	100 m	200 m	20 m	100 m	200 m	20 m	100 m	200 m	20 m	100 m	200 m	20 m	100 m	200 m	20 m	100 m	200 m	20 m	100 m	200 m
Januar		0,8 0,6		1.6			0,2	0,3	[0,61]	8	7 26,5	8,5			1,11		0,5			1,3 4,4	
Februar. . . .	0,35			1,3			0,15	0,23	[0,46]								1,4 1,5 1,0			2,4	
März			1,05	1,0			0,15	0,23	[0,46]								2,8 1,9 3,5 6,5			2 3,1	
April				97,7											0,13 0,33 0,16		11 44 37 19				
Mai		1,8	3,0	3,5											0,33 0,77		5				
Juni				0,8											0,15						
Juli		31		2,1																4 4	
August	23,5			4,4																2	
September . .	170			2,9											4,33					1,5	
Oktober . . .		0,8	1,0	7,2			0,15	0,3	0,43 bis 0,5			6 15			1,0		17,7 36 8 1,3				
November . .		0,7 0,6		4,4			[8,26]					11 18 20			0,55		0,4			4,7	
Dezember . .		0,8		1,3			3,5			1,5	2,5				0,66		0,25 0,5			1,3	

dass bezüglich der Grösse des Filtrationsverlustes bis jetzt in verschiedenen Gebieten und zu verschiedener Zeit noch nicht genügende Erfahrungen gesammelt worden sind.

Manche der Mängel werden sich in Zukunft vermeiden lassen, so dass ein besserer Vergleich möglich sein wird. Immerhin ist auch der erste Versuch eines Vergleiches der Plankton-Volumina verschiedener Meeresgebiete von Werth. Ich stelle daher in einer Tabelle die erhaltenen Werthe zusammen (s. vorige Seite) und gebe zugleich graphische Darstellungen für die 4 untersuchten Gebiete in gleichem Massstabe (Fig. 1—5).

Auch wenn man sich der angegebenen Mängel bewusst bleibt, kommt man bei einem Vergleich der vier Volumen-Kurven zu dem Schlusse, dass die Menge der Organismen, die durchnittlich im Laufe eines Jahres mit den quantitativen Planktonnetz erhalten wird, vom Äquator nach den Polen jedenfalls nicht erheblich abnimmt, sondern dass sie sogar eher wächst [1]).

Die Plankton-Untersuchungen stehen also im Einklang mit den vorher angeführten Erfahrungen bezüglich der Küsten-Flora und -Fauna [2]) und ebenso auch mit den schon vorliegenden Beobachtungen über den Grad der Durchsichtigkeit des Wassers [3]).

2. Prüfung der Ursachen, durch welche der relative Reichthum der kühleren Meere bedingt sein kann.

Es ist nun die Ursache zu ermitteln für die Thatsache, dass im Meere eine mindestens ebenso reiche Produktion im kühleren Wasser stattfindet, wie im warmen, während auf dem Lande die Produktion im Tropengebiet sehr stark ist, nach den Polen hin abnimmt und im kalten Gebiet nur sehr gering ist.

Von Wichtigkeit ist zunächst der Umstand, dass die Lebensbedingungen im Meere viel gleichförmiger sind als auf dem Festlande. Die Unterschiede im Feuchtigkeitsgrade, die für die Organismen des Landes von grösster Wichtigkeit sind, kommen für die Meeresorganismen überhaupt nicht in Betracht. Die verschiedene Bodenbeschaffenheit, die für die Produktion auf dem Lande von ausschlaggebender Bedeutung ist, ist für die Produktion im Meere von geringerer Wichtigkeit, wie nachher näher auszuführen sein wird. Während ferner die Luft-

[1]) Die Kurven von Syrakus, Kiel und Karajak zeigen zugleich deutlich, dass vom wärmeren Gebiet nach dem kälteren hin die Wucherung der Diatomeen eine viel länger andauernde und zugleich stärkere wird.

[2]) A. Steuer, (Die Entomostrakenfauna der „alten Donau" bei Wien. Eine ethologische Studie. Zoolog. Jahrb. Abth. f. Systematik u. s. w. 15. Bd. 1901 S. 46) kommt auf Grund der Zusammenstellung über den Planktongehalt von Süsswasserseeen verschiedener Klimate zu folgendem Resultat: „Vielleicht wird auf Grund weiterer Untersuchungen die Vermuthung zur Wahrheit, dass, im Allgemeinen wenigstens, nordische Binnengewässer produktiver sind als die Süsswässer in südlichen Breiten".

[3]) Den Parallelismus zwischen Durchsichtigkeit und Planktongehalt des Wassers verschiedener Meeresgebiete hebt unter Anderen Schütt hervor (Das Pflanzenleben der Hochsee; in: Reisebeschreibung der Plankton-Expedition. Kiel u. Leipzig 1892 S. 314). „Die gelbe Ostsee lässt in ihren trüben, reichen Tagen das weisse Netz schon in Tiefen von wenigen Metern dem Blick entschwinden, das grüne Nordseewasser bringt uns Lichtstrahlen schon aus grösserer Tiefe zurück, und welchem Besucher des Mittelmeeres wäre nicht die grosse Klarheit und Durchsichtigkeit der blauen Fluthen bekannt? Die Beobachtungen der Durchsichtigkeit, der Farbe und des Planktongehalts des Wassers bestätigen sich wechselseitig, und alle drei Methoden führen zu demselben Schluss: dass das reine Blau die Wüstenfarbe der Hochsee ist".

temperatur zwischen + 65 ° (in Tibet) und — 66,6 ° (in Sibirien), also um mehr als 130 ° schwankt [1]), liegen im Ocean Maximal- und Minimal-Temperatur viel näher zusammen. Die Differenz zwischen der höchsten und der niedrigsten im offenen Meere bisher festgestellten Temperatur beträgt nur 33,8 ° (— 2,8 bis 31 °). Besonders wichtig ist, dass die Meeresorganismen nie einer geringeren Temperatur als — 2,8 ° ausgesetzt sind und dass die bei Berührung mit der kalten Luft sich bildende Eisdecke die darunter befindlichen Wasserschichten vor der Einwirkung der Kälte und weiterem Gefrieren schützt, auch wenn die Luft immer kälter und kälter wird. Trotzdem im Meere die Temperaturunterschiede viel geringer sind als auf dem Lande, so zeigt die grosse Verschiedenheit der Organismen, welche die warmen Meere, und derjenigen, die die kalten Meere bewohnen, dass auch im Ocean die Temperatur ein ausserordentlich wichtiger Faktor ist. Und wenn die Erzeugung organischer Substanz im Meere nur abhängig wäre von der Intensität der Sonnenwirkung, so müssten wegen der besseren Belichtung und der höheren Temperatur die Producenten, also die Meerespflanzen in den tropischen und subtropischen Gebieten sehr viel besser gedeihen, als in den lichtärmeren und kühleren Meeren der gemässigten und der kalten Zone. Das aber ist, wie gezeigt, augenscheinlich nicht der Fall. Das Gedeihen der Pflanzen und damit die Produktion überhaupt ist auch keineswegs allein von der Stärke der Belichtung und dem Wärmegrade, sondern in ebenso hohem Grade von den zur Verfügung stehenden Nährstoffen abhängig. Die Pflanzen produciren soviel organische Substanz, wie unter den allgemeinen Lebensbedingungen, denen sie in dem betreffenden Gebiete unterliegen, und nach Massgabe der zur Verfügung stehenden anorganischen Nährmaterialien nur irgend möglich ist; dabei sind sie aber dem Gesetz des Minimum unterworfen. Ist ein einziger der unentbehrlichen Pflanzennährstoffe in verhältnissmässig sehr geringer Menge vorhanden, so ist auch die Produktion spärlich.

In Bezug auf das anorganische Rohmaterial für die Ernährung der Pflanzen liegt ein wichtiger Unterschied gegenüber dem Festlande im Meere insofern vor, als die Nährsalze von den Pflanzen im allgemeinen aus dem umgebenden Wasser und nicht aus dem Boden aufgenommen werden. Das gilt für alle Algen, nicht bloss für die treibenden kleinen Planktonalgen (Diatomeen, Peridineen, Schizophyceen u. s. w.), sondern auch für die Boden-Diatomeen und die angehefteten grösseren Algen. Sowohl die grünen Algen und die Tange als auch die Florideen brauchen ihre wurzelähnlichen Klammerorgane nur zum Festhalten an geeigneter Unterlage, nicht aber zum Aufsaugen von Nährsalzen. Nur die Seegräser, die einzigen Phanerogamen des Meeres, können ähnlich den Landpflanzen die zum Aufbau ihres Körpers nöthigen Nährsalze mittels ihrer Wurzeln aus dem Meeresboden entnehmen.

Die Nährstoffe der Algen, also der überwältigenden Mehrzahl der Meerespflanzen, müssen demnach in gelöstem Zustande vorhanden sein, und das Meerwasser selbst repräsentirt eine sehr verdünnte, aber mit allen für die Bildung organischer Substanz nöthigen Stoffen versehene Nährlösung. Die Stärke der Produktion ist nun dem Gesetz des Minimum zufolge abhängig

[1]) O. Peschel, Physische Erdkunde, selbständig bearbeitet von G. Leitpold 2. Aufl. 2. Bd. Leipzig 1885, S. 210, 212, 213.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY WOODS HOLE LIBRARY MASS.

von der Menge desjenigen unentbehrlichen Pflanzennährstoffes, der verhältnissmässig am spärlichsten vertreten ist. Es leuchtet damit ohne weiteres die Nothwendigkeit ein, Wasserproben vor allem auf solche unentbehrlichen Nährstoffe, die nur in Spuren vertreten sind, zu untersuchen, ganz besonders auf Stickstoffverbindungen, Phosphorsäure, Kohlensäure, Kieselsäure u. s. w. Falls die Methoden der quantitativen Bestimmung noch nicht genügend ausgebildet sind, müssen sie nach Möglichkeit verbessert werden. Es ergiebt sich aber ausserdem auch die andere Nothwendigkeit, durch chemische Untersuchungen und durch Kulturversuche die Zusammensetzung und das Nährstoffbedürfniss der verschiedenen charakterbestimmenden Meerespflanzen genauer zu ermitteln. Wenn auch die Produktion im Meere nicht direkt abhängig ist vom Boden, so liegt doch sicher ein recht erheblicher indirekter Einfluss des Meeresgrundes vor, denn die Nährsalze müssen — soweit sie nicht in gelöstem Zustande durch Flüsse ins Meer geführt werden — immer von neuem vom Meeresgrunde aus ergänzt werden.

Es fragt sich nun, welcher Pflanzennährstoff im Minimum vertreten ist. Berücksichtigt man die Zusammensetzung des Meerwassers einerseits und diejenige der Meerespflanzen andrerseits, so sind es nur ganz vereinzelte Elemente, welche in verhältnissmässig so geringer Menge den Meerespflanzen zur Verfügung stehen, dass sie die Stärke der Produktion, dem Gesetz des Minimum entsprechend, beherrschen. Wie auf dem Festlande kommen in dieser Hinsicht augenscheinlich auch im Ocean in erster Linie die Verbindungen des Stickstoffs und des Phosphors in Betracht. Eventuell könnte auch die Menge der im Seewasser gelösten Kieselsäure zu gewissen Zeiten oder in manchen Gebieten verhältnissmässig so gering sein, dass die Diatomeen nicht recht gedeihen können. Dass aber in allererster Linie die **Stickstoffverbindungen** es sind, welche so spärlich im Seewasser vertreten sind, dass die ganze Produktion sich nach Massgabe der zur Verfügung stehenden Stickstoffverbindungen richten muss, geht aus verschiedenen Gründen hervor, die ich z. Th. früher schon ausführlich entwickelt und durch Thatsachen belegt habe [1]). Erfahrungsgemäss liefern Teiche, welche Zuflüsse aus gedüngten Feldern oder gar von Dungstätten erhalten, einen sehr viel grösseren Karpfenertrag als ungedüngte. Ferner ergaben meine Untersuchungen, dass planktonreiche Seen mehr Salpetersäure enthalten als planktonarme [1]). Da nun alle Stickstoffverbindungen (Ammoniaksalze ebenso wie die Nitrate und Nitrite) sehr leicht löslich sind, so müsste das Meer in Folge der unaufhörlichen und recht beträchtlichen Zufuhr vom Festlande aus ungeheuer reich sein an Stickstoffverbindungen, während in Wirklichkeit nur sehr geringe Mengen davon im Meerwasser vorhanden sind.

Diese Armuth des Meeres an Stickstoffverbindungen kann nur damit zusammenhängen, dass eine starke Zerstörung von Stickstoffverbindungen durch den Einfluss von ganz bestimmten Bakterien im Meere stattfindet [2]). Die Verbindungen des Stickstoffs sind in qualitativer wie auch

[1]) Ueber den Stoffwechsel im Meere. Wiss. Meeresuntersuch. Abth. Kiel. N. F. Bd. 4. 1899.

[2]) Dieser Hypothese steht eine andere wohl zuerst von Schlösing aufgestellte Behauptung gegenüber, die neuerdings von K. Natterer noch auf das bestimmteste vertreten wird. Natterer (Denkschr. d. Akad. Wiss. Wien Bd. 61. 1894. Ber. d. Comm. f. Erforschung des östl. Mittelmeeres, 3. Reihe S. 32) fasst unter Anführung der bezüglichen Litteratur die vorliegenden Angaben kurz folgendermassen zusammen: Schlösing hatte 1875 „dem bereits von Boussingault (1860) ein ungeheures Reservoir von gebundenem Stickstoff genanntem Meer eine regulirende Wirkung auf die Vertheilung des Ammoniak über die Continente zugeschrieben." „Unter Hinweis darauf, dass die Landwässer reicher an Nitraten, das Meerwasser dagegen reicher an Ammoniak ist, zog Schlösing zunächst den Schluss, dass die Zersetzung der organischen Wesen, welche auf dem Festland eine Quelle für die Salpeter-

in quantitativer Hinsicht abhängig von der Lebensthätigkeit der sog. Stickstoff-Bakterien. Die nitrificirenden Bakterien oxydiren Ammoniak zu salpetriger Säure und schliesslich zu Salpetersäure; die denitrificirenden Stickstoffbakterien dagegen wirken reducirend und spalten von Nitraten oder Nitriten freien Stickstoff ab, der für den Kreislauf des Stoffes verloren geht, weil der Stickstoff, soviel wir wissen, nur in gebundenem Zustande von den Meerespflanzen zur Bildung von Eiweiss verwendet werden kann. Der Ocean müsste, wie ich früher gezeigt habe, durch die unaufhörlich dem Meere zufliessenden anorganischen Stickstoffverbindungen längst verjaucht und vergiftet worden sein, wenn nicht durch das Zusammenwirken verschiedener Bakterien eine Selbstreinigung stattfände und bei diesem Processe durch die Lebensthätigkeit der denitrificirenden Bakterien eine ausgiebige Zersetzung der Nitrate und Nitrite stattfände. Wenn man nun die sehr wahrscheinliche Annahme macht, dass die denitrificirenden Bakterien des Meeres ebenso wie die schon näher untersuchten denitrificirenden Bakterien des Ackerbodens bei höherer Temperatur eine stärkere zerstörende Wirkung entfalten, so würde in den warmen Meeren in Folge der stärkeren Zersetzung einer unentbehrlichen Pflanzennährsubstanz nur eine verhältnissmässig geringe Produktion stattfinden können, während in dem kalten Wasser wegen Verlangsamung oder Unterdrückung dieses Zerstörungsprozesses mehr Stickstoffverbindungen den Produzenten des Meeres zur Verfügung stehen werden.

Um diese Annahme zu prüfen, war es vor allem nöthig, die meines Wissens bisher noch gar nicht isolirten Stickstoffbakterien des Meeres in Reinkultur zu züchten und auf ihr Verhalten gegen Temperatur und andere äussere Einflüsse zu prüfen.

Denitrificirende Bakterien.

Auf meine Veranlassung hat Dr. Baur während der Zeit, in der er Assistent des Zoologischen Instituts war, Untersuchungen über denitrificirende Meeresbakterien angestellt. Er hat zwei Arten rein gezüchtet und ihre Eigenschaften sowie ihr Verhalten gegen verschiedene Einflüsse nach Möglichkeit ermittelt. Die Ergebnisse sind ausführlicher in der voranstehenden

säurebildung ist, im Meerwasser im Gegentheile zu einer Ammoniakquelle wird. Die in der Atmosphäre durch elektrische Vorgänge erzeugte Salpetersäure kommt früher oder später in das Meer; hier tritt sie in die organischen Wesen ein und verwandelt sich schliesslich in Ammoniak; letzteres diffundirt dann in die Atmosphäre, in einem von der Temperatur derselben abhängigen Maasse, und verbreitet sich mit ihr wie die Kohlensäure, um wieder an der Ernährung der Gewächse Antheil zu nehmen. Audoynaud (1875) warf die Frage auf, ob nicht vielleicht erhebliche Theile jenes Stickstoffs, welcher aus Ammoniaksalzen und Nitraten von den zahllosen kleinen Organismen des Meeres aufgenommen, assimilirt wird, an der leichten Rückkehr in die Atmosphäre dadurch gehindert werden, dass Leichen dieser Organismen zu Boden sinken und dort von erdigen Absätzen bedeckt werden. Die entstehenden geologischen Schichten werden vielleicht erst in einer unbekannten Zukunft, wenn sie sich über den Ocean erhoben haben, an die Luftvegetation den Stickstoff wieder zurückerstatten, ebenso wie uns jetzt die Schichten früherer geologischer Perioden den Stickstoff jener Zeiten zurückerstatten. Ein Gedanke, welchen Dieulafait 1878 in seiner Abhandlung über die Ammoniaksalze in den Meeren der Gegenwart und der Vergangenheit unter besonderem Hinweis auf den Ammoniakgehalt gypsführender Erdschichten weiter ausgeführt hat". In einer späteren Abhandlung (Berichte d. Comm. für oceanographische Forschungen 1898 S. 468 in Denkschr. K. Akad. Wiss. Wien Bd. 65) schliesst sich Natterer bezüglich der am Boden abgelagerten organischen Massen im wesentlichen der Meinung von Audoynaud und Dieulafait an und fügt dann hinzu: „Die geringen im Meer selbst enthaltenen organischen Substanzen unterliegen mit oder ohne Mitwirkung von Organismen der weiteren Zersetzung und Oxydation, zuletzt Kohlensäure und Ammoniak liefernd, welche, sofern sie nicht von dem Pflanzenleben der obersten Meeresschicht in Anspruch genommen werden, in die Atmosphäre entweichen." Zunächst wird man doch erwarten müssen, dass Ammoniak und Kohlensäure sich zu Ammoniumkarbonat vereinigen. Das aber kann nicht entweichen. Dass Ammoniak in nennenswerther Menge von der Meeresoberfläche an die Atmosphäre abgegeben wird, ist eine unbewiesene Annahme, die im höchsten Grade unwahrscheinlich ist.

Abhandlung [1]) mitgetheilt. Eine kurze Zusammenfassung nebst einigen ergänzenden Angaben lasse ich nachstehend folgen. Die Untersuchungen selbst werden hier noch weiter fortgesetzt.

Eine der beiden Arten (*Bacterium actinopelte* Baur) wurde aus einem Seewasseraquarium des Zoologischen Instituts isolirt. Das Wachsthum in Reinkultur macht sich zunächst durch Trübung der Nährlösung und weiterhin durch Aufsteigen von Blasen und Schaumbildung bemerkbar. Das entwickelte Gas ist fast reiner Stickstoff, eventuell zusammen mit Stickoxyd. Die Species ist imstande nicht bloss Nitrite, sondern auch Nitrate zu zersetzen. Der Sauerstoff des Nitrats bezw. Nitrits wird zur Athmung verwendet, so dass *B. actinopelte* bei Gegenwart von Nitrit anaërob, z. B. unter Wasserstoffatmosphäre, leben kann; doch wird bei Sauerstoffzutritt der Denitrifikationsprozess nicht beeinträchtigt, sondern eher gefördert. Das Alkali des Nitrites bezw. Nitrates verbindet sich mit der durch die Athmung der Bakterien gebildeten Kohlensäure. Als Kohlenstoffquelle dienen dieser denitrificirenden Bakterie Kohlenhydrate, als Eiweissquelle Pepton oder Asparagin.

Von besonderem Interesse ist das Verhalten gegen Temperatur. Bei 25 ° ist die Schaumbildung schon nach 7—10 Tagen völlig beendet, bei 15 ° erst in der zwei- bis dreifachen Zeit, bei 4—5 ° war auch in der zehnfachen Zeit (nach 3½ Monaten) die Schaumbildung noch nicht beendet, als die Versuche abgebrochen wurden. Bei 0 ° fand während der ganzen 3½ Monate überhaupt weder Trübung noch Schaumbildung statt. Näheres ergeben die beiden nachstehenden Versuchsprotokolle.

Temperatur-Versuch I.

Bacterium actinopelte in Mischkultur.

Nährlösung: Fischseewasser 100, Pepton 2, Kaliumnitrit 0,25 gr.

Geimpft am 2. II.

Nr.	Temperatur	Beginn des Versuchs	Erste Blase	Letzte Blase	Diphenylamin-Schwefelsäure-Reaktion negativ	
1.	25 ° (Brutofen)	2. II. (11 Vorm.)	3. II. (Mittags)	9. II.	9. II.	7 Tage
2.	„	„	„	13. II.	13. II.	11 „
3.	„	„	„	10. II.	10. II.	8 „
4.	„	„	„	8. II.	9. II.	7 „
5.	„	„	„	10. II.	10. II.	8 „
6.	15 ° (Zimmertemperat.)	2. II. (11 Vorm.)	6. II.	22. II.	1. III.	26 Tage
7.	„	„	5. II.	22. II.	3. III.	28 „
8.	„	„	6. II.	22. II.	3. III.	28 „
9.	„	„	6. II.	22. II.	3. III.	28 „
10.	„	„	6. II.	22. II.	1. III.	26 „

[1]) E. Baur, Ueber zwei denitrificirende Bakterien aus der Ostsee. Wiss. Meeresunters. Abth. Kiel. N. F. Bd. 6. S. 11 bis 22 T. 2.

Nr.	Temperatur	Beginn des Versuchs	Erste Blase	Letzte Blase	Diphenylamin-Schwefelsäure-Reaktion negativ	
11.	4—5 ° (Keller)	2. II. (11 Vorm.)	20. II.			Am 25. V. (also nach 112 Tagen) schäumen noch alle Röhren ganz langsam. Diphenylaminreaktion noch positiv. Versuch abgebrochen.
12.	„	„	20. II.			
13.	„	„	20. II.			
14.	„	„	23. II.			
15.	„	„	24. II.			
16.	0 ° (Eisthermostat)	2. II. (11 Vorm.)				Bis zum 20. V. (also nach 107 Tagen) noch gar kein Wachsthum und keine Gasentwicklung erkennbar. Versuch abgebrochen.
17.	„	„				
18.	„	„				
19.	„	„				
20.	„	„				

Temperatur-Versuch II.

Reinkultur von *Bact. actinopelte* in Muschelbouillon.

Nährlösung: Miesmuschelbouillon 100, Pepton 2, Calciumnitrit 0,25 gr.

Geimpft am 25. III.

Nr.	Temperatur	Beginn des Versuchs	Erste Blase	Letzte Blase	Diphenylaminreaktion negativ	
1. 2.	25 °	25. III.	26. III.	1. IV.	1. IV.	7 Tage
3. 4.	15 °	25. III.	27. III.	7. IV.	8. IV.	15 Tage
5. 6.	4—5 °	25. III.	1. IV.			Am 25. V. (also nach 61 Tagen) schäumen beide Röhrchen noch ganz schwach. Diphenylaminreaktion noch positiv. Versuch abgebrochen.
7. 8.	0 °	25. III.				Bis zum 20. V. (also nach 56 Tagen) noch gar kein Wachsthum und keine Gasentwicklung erkennbar. Versuch abgebrochen.

Eine zweite denitrificirende Spezies *(B. lobatum* Baur) war aus Schlick der Kieler Aussenföhrde isolirt. Sie ist ebenfalls auf die Gegenwart von Kohlenhydraten angewiesen, ist aber nicht imstande Nitrate zu zersetzen, sondern nur Nitrite. Die Denitrifikation wird durch Luftzutritt sichtlich begünstigt, trotzdem auch hier, wie Versuche ergeben, der Sauerstoff des Nitrits für die Athmung verbraucht wird.

Bacterium lobatum ist auch bei niedriger Temperatur und sogar bei 0 ° imstande zu denitrificiren, doch findet dann die Denitrifikation nur ausserordentlich langsam statt. Das Optimum liegt wie bei der anderen Spezies etwa bei 20—25 °. Bei 25 ° hören in Reinkulturen Schäumen und Nitritreaktion schon nach 7 Tagen auf, bei 15 ° nach 10—11 Tagen, bei 5 ° war nach 31 Tagen (als der Versuch abgebrochen wurde) noch kräftiges Schäumen in den Röhrchen vorhanden. Bei 0 ° endlich begann das Schäumen überhaupt erst nach mehr als 3 Wochen; es war in einer Mischkultur auch nach 3 Monaten noch nicht beendet. Die Protokolle lege ich nachstehend vor.

Temperatur-Versuch III.

Bacterium lobatum in Mischkultur.

(Fischseewasser 100, Pepton 2, Calciumnitrit 0,25 gr.)

Geimpft am 26. II.

Nr.	Temperatur	Beginn des Versuchs	Erste Blase	Letzte Blase	Diphenylaminreaktion negativ	
1.	25 °	26. II.	28. II.	6. III.	6. III.	9 Tage
2.		„	zerbrochen.			
3.		„	28. II.	6. III.	7. III.	10 „
4.	15 °	26. II.	1. III.	10. III.	11. III.	13 Tage
5.		„	1. III.	„	„	13 „
6.		„	28. II.	„	„	13 „
7.	5 °	26. II.	7. III.	25. III.	25. III.	27 Tage
8.		„	9. III.	1. IV.	1. IV.	34 „
9.		„	9. III.	30. III.	30. III.	32 „
10.	0 °	26. II.	7. IV.			Am 20. V. (also nach 83 Tagen) schäumen noch alle 3 Röhrchen ganz schwach. Versuch abgebrochen.
11.		„	4. IV.			
12.		„	4. IV.			

Temperatur-Versuch IV.

Reinkultur von *Bacterium lobatum.*

(Muschelbouillon 100, Pepton 2, Calciumnitrit 0,25 gr.)

Geimpft am 24. IV.

Nr.	Temperatur	Beginn des Versuchs	Erste Blase	Letzte Blase	Diphenylaminreaktion negativ		
1.	25°	24. IV.	25. IV.	1. V.	1. V.	7 Tage	
2.		„	„	„	„	7 „	
3.	15°	24. IV.	26. IV.	4. V.	4. V.	10 Tage	
4.		„	29. IV.	5. V.	5. V.	11 „	
5.	5°	24. IV.	4. V.			Am 25. V. (also nach 31 Tagen) schäumen beide Röhrchen noch kräftig. Versuch abgebrochen.	
6.		„	1. V.				
7.	0°	24. IV.	18. V.			Am 23. V. noch kräftiges Schäumen. Am 23. V. noch keine Gasentwicklung, aber deutliche Trübung.	Versuch am 23. V. (also nach 29 Tagen) abgebrochen.
8.		„					

Denitrificirende Bakterien kommen, wie von vornherein erwartet werden musste und wie Baur's Untersuchungen nun bewiesen haben, am Meeresboden sowohl als auch im freien Wasser vor. Die grosse Abhängigkeit der beiden näher untersuchten denitrificirenden Meeresbakterien von Kohlenhydraten und ihr starkes Wachsthum in Fususdecoct u. s. w. lässt darauf schliessen, dass sie am besten auf Mud gedeihen, wo ihnen verwesende Pflanzentheilchen zur Verfügung stehen. Bei der grossen Wirksamkeit, die sie im Meere entfalten können, ist es wichtig, nicht bloss die Artunterschiede festzustellen und ihre Verbreitung bezw. die Dichtigkeit ihres Vorkommens im Meere näher kennen zu lernen, sondern auch ihre Abhängigkeit von den Existenzbedingungen und von den recht komplizirten Prozessen, die sich infolge der concurrirenden Thätigkeit zahlreicher verschiedener Bakterienarten am Meeresboden abspielen, zu erforschen, also zu ermitteln, unter welchen Bedingungen sie einerseits am besten gedeihen, und unter welchen Umständen sie andererseits gar nicht oder nur kümmerlich zu vegetiren vermögen. Zu einem günstigen Wachsthum der beiden näher untersuchten Arten von denitrificirenden Meeresbakterien gehört, ausser einer gewissen Wärme und der Anwesenheit der als Quelle für Athmung und für Bildung von Eiweissstoffen und Kohlenhydraten erforderlichen Nährmaterialien, auch die Abwesenheit von solchen Stoffen, welche die Lebensthätigkeit der denitrificirenden Bakterien hindern. So scheinen z. B. manche Carbonate einen hemmenden Einfluss auszuüben. Das Fehlen der für das Meerwasser charakteristischen Seesalze ist dagegen,

wie Versuche mit *B. lobatum* ergeben haben, nicht hinderlich. Diese eine im Meere selbst aufgefundene Spezies kann in Reinkultur auch in Süsswasser gedeihen. Dass sie dort unter natürlichen Verhältnissen in Concurrenz mit sehr zahlreichen Süsswasserbakterien irgend welche Rolle spielen wird, ist aber kaum anzunehmen.

Mit den vorher mitgetheilten Temperatur-Versuchen stehen die allerdings noch wenig zahlreichen Beobachtungen über die Häufigkeit des Vorkommens von denitrificirenden Bakterien in der Kieler Förde im Einklang. Wie Baur's Uebersicht (S. 19 und 20) zeigt, fand in allen Proben, die bei der Fahrt am 20. November 1900 entnommen waren, Schaumbildung und Denitrifikation statt, sowohl in den 4 Proben von Seewasser (je 2 ccm) als auch in sämmtlichen 4 Bodenproben.

Anders war das Ergebniss der Fahrt am 14. Januar 1901, die bei einer Lufttemperatur von — 10 ° und ausgedehnter Eisbedeckung der Föhrde stattfand. Von den 10 Wasserproben der Oberfläche zeigten nur 2 Schaumbildung und Denitrifikation (eine zu 10 ccm und eine zu 3 ccm), während die übrigen 8 Proben ein negatives Resultat gaben (zwei Proben zu 1, eine zu 2 und fünf zu 3 ccm). Die Dichtigkeit der denitrificirenden Bakterien mag danach etwa fünfmal so gering bei der Januarfahrt gewesen sein, als bei der Fahrt im November. Auch von den 8 Bodenproben (je 1 ccm) gaben 5 ein negatives und nur 3 ein positives Resultat. Eine 10 ccm grosse Portion des Schlammes zeigte gleichfalls Denitrifikation. Genauer vergleichbar sind die Proben der beiden Fahrten insofern leider nicht, als diejenigen der Januarfahrt wegen des Eises in grösserer Entfernung vom Lande als bei der Novemberfahrt entnommen werden mussten.

Der Mangel, dass über das Vorkommen der Stickstoffbakterien im Meere, abgesehen von dem vorstehend angegebenen wenigen Beobachtungen, noch nichts Sicheres ermittelt ist, wird bald beseitigt sein. Herr Dr. Gazert, Arzt und Bakteriolog der deutschen Südpolar-Expedition, wird schon während der Fahrt des „Gauss" nach dem antarktischen Meere, ausserdem aber auch in dem eigentlichen Forschungsgebiet der Expedition Untersuchungen über Vorkommen und Dichtigkeit der Stickstoffbakterien und über die Abhängigkeit derselben von verschiedenen Lebensbedingungen anstellen.

Er bedient sich dazu der von Baur empfohlenen Nährlösungen, die für denitrificirende Bakterien in folgender Weise hergestellt wird [1]): 1 kg frische Miessmuscheln werden in 1—2 l Seewasser gekocht und dem Filtrat 2 % Pepton und 0,25 % Calciumnitrit zugesetzt.

Für nitrificirende Bakterien dient folgende Nährlösung:

Seewasser	500	Magnesiumphosphat . . .	0,5
Destillirtes Wasser	500	Chlorcalcium	Spur
Kaliumphosphat	1		

Diese Lösung wird in Kölbchen zu je 20 ccm gefüllt und sterilisirt. Nach dem Erkalten werden jedem Kölbchen 2 ccm steriler 2 % Lösung von Ammoniumsulfat zugesetzt sowie 2—3 ccm einer milchigen sterilisirten Aufschwemmung von Magnesiumcarbonat in Wasser.

[1] Baur, Ueber zwei denitrificirende Bakterien aus der Ostsee S. 21.

Ferner hat auf meine Veranlassung im September und Oktober d. J. Herr Dr. Apstein an der Holsatia-Expedition des Deutschen Seefischerei-Vereins theilgenommen, um mit Hülfe der vorbereiteten Nährlösungen Material für Untersuchung der Verbreitung von denitrificirenden wie auch von nitrificirenden Bakterien in dem östlichen Ostseebecken zu beschaffen. Die Ergebnisse dieser letzteren Untersuchungen werden in nächster Zeit veröffentlicht werden. Zu weiteren Bakterienstudien werden die nahe bevorstehenden Untersuchungen der nordischen Meere Gelegenheit bieten.

Die Temperatur-Versuche ergeben jedenfalls in ganz unzweideutiger Weise, dass die beiden bis jetzt untersuchten Arten bei höherer Temperatur in sehr viel stärkerem Grade zur Zersetzung der Stickstoffverbindungen, und damit zur Zerstörung einer der wichtigsten Pflanzennährsubstanzen beitragen, als bei niedriger Temperatur.

Durch diese Untersuchungen wird die Annahme immer wahrscheinlicher, dass die verhältnissmässig geringe Produktion in dem höher temperirten Meerwasser in erster Linie durch die im Minimum vorhandenen Stickstoffverbindungen bedingt, und dass einer der auffallendsten Unterschiede zwischen Festland und Ocean durch die Lebensthätigkeit von bestimmten Bakterien hervorgerufen wird. Um diese Hypothese zu beweisen, müssten, soweit ich es übersehen kann, vor allem noch zwei Einwände, die jetzt noch erhoben werden können, beseitigt werden.

Erstens müsste gezeigt werden, dass die Stickstoffverbindungen in der That in so geringer Menge im Meere vertreten sind, dass nach ihnen die Produktion sich richten muss. Im Zusammenhang damit steht die weitere Forderung, dass durch planmässige und zuverlässige Untersuchungen festgestellt wird, ob wirklich der Gesammtgehalt an Stickstoffverbindungen in den producirenden Wasserschichten der tropischen Meere geringer ist als in den entsprechenden Schichten der kühleren und kalten Meeresgebiete, und dass andrerseits ermittelt wird, wie die Stickstoffbakterien in den Meeren der verschiedenen Klimate gedeihen. Zweitens ist die Frage zu prüfen, ob es nicht andere unentbehrliche Pflanzennährstoffe als Stickstoffverbindungen sind, z. B. Phosphorsäure, Kohlensäure oder Kieselsäure, die das Maximum der Produktion bestimmen werden.

Wenn man zunächst auf den ersten Einwand eingeht, so ist es nicht zu bezweifeln, dass es ausser den 2 näher untersuchten Spezies noch mehr Arten von denitrificirenden Bakterien im Meere giebt. Es läge nun die Möglichkeit vor, dass für die eine oder die andere Spezies das Optimum bei 0° oder wenigen Graden über 0° liegt, dass also die Denitrifikation in den arktischen Meeren ebenso stark ist wie in den tropischen und dass dementsprechend der Gehalt an Stickstoffverbindungen in den verschieden temperirten Meeren keine nennenswerthe Verschiedenheit aufweist. Dieser Einwand könnte leicht und sicher schon sehr bald geprüft und, wie ich glaube, beseitigt werden. Die nahe bevorstehenden internationalen Untersuchungen in den nordischen Meeren werden vor allem den norwegischen und den russischen Gelehrten die schönste Gelegenheit geben, Wasser- und Grundproben aus arktischen Regionen auf Bakterien zu untersuchen und dabei auch nach solchen denitrificirenden Bakterien zu forschen, die ihre grösste Wirksamkeit etwa bei 0° entfalten. Ich bezweifle, dass man solche finden wird. Ausserdem ist der Gehalt des Meerwassers an den verschiedenen Stickstoffverbindungen genauer und planmässiger zu untersuchen, als es bisher geschehen ist.

Von Herrn Dr. Hjort wurde ich freundlichst darauf aufmerksam gemacht, dass John Murray schon bestimmte Angaben über den Stickstoffgehalt des Meerwassers in verschiedenen Zonen veröffentlicht habe. Murray und Irvine geben in der mir bezeichneten Abhandlung [1]) an: „The saline ammonia is more abundant in tropical oceanic waters than in water of temperate zones". Ausserdem theilen sie die Resultate von Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung desjenigen Seewassers mit, das in unmittelbarer Berührung mit blauem Mud ist. In allen Mudwasserproben waren Ammoniaksalze (saline ammonia) in ausserordentlich viel grösserer Menge als sonst im Seewasser vorhanden. Die Menge schwankt zwischen 2—80 Theilen für eine Million Theile Seewasser, während gewöhnliches Seewasser vom offenen Ocean der Regel nach nur etwa 0,02 Theile pro Million enthält. „As a rule" ist wohl etwas viel gesagt, denn ich finde nur eine einzige von Murray und Irvine veranlasste Ammoniakbestimmung von Wasser des freien Oceans, auf die sie sich stützen könnten; ausserdem muss es statt 0,02 heissen 0,2. Beides geht aus spezielleren Angaben in einer anderen Schrift von Murray und Irvine [2]) hervor, auf welche bezüglich der Methodik von den Verfassern verwiesen wird.

In der betreffenden Abhandlung wird folgende recht bestimmte Angabe gemacht [3]):

Seewasser, zwischen den Korallenatollen des Louisiaden-Archipels (von Capt. Wharton) gesammelt, enthielt in 1 Million Theilen Seewasser

Saline ammonia	0,48
Albuminoid ammonia	0,18
	0,66

Nordatlantisches Wasser, vom „Challenger" 30 ° 20 ′ N. 36 ° 6 ′ W. entnommen, enthielt

Saline ammonia	0,26
Albuminoid ammonia	0,16
	0,42

Nordseewasser, nahe dem Lande entnommen (wo und wann wird nicht angegeben), enthielt

Saline ammonia	0,13
Albuminoid ammonia	0,13
	0,26

Meerwasser aus den Tropen enthielt also fast zweimal so viel Ammoniaksalze (ammoniacal salts) als Seewasser aus dem Nordatlantic und „beinahe dreimal soviel" (richtiger 3 bis 4 mal soviel) als Wasser aus der Nordsee.

Auf Grund je einer einzigen Ammoniakbestimmung in Seewasser aus dem Tropengebiet, dem nordatlantischen Ocean und der Nordsee den weitgehenden Schluss zu ziehen, dass

[1]) John Murray und Robert Irvine, On the Chemical Changes which take place in the Composition of the Sea-Water associated with Blue Muds on the Floor of the Ocean. Transact. R. Soc. Edinburgh. Vol. 37. 1895. (Read March 7, Revised June 1893). S. 481 u. f. Nitrogen in Mud-Waters S. 484.

[2]) Murray und Irvine, On Coral Reefs and other Carbonate of Lime Formations in Modern Seas. Proceed. R. Soc. Edinburgh. Vol. 17. (1889—90) Edinburgh 1891 S. 79 u. f.

[3]) S. 89. Auf S. 105 wird die Tabelle noch einmal wiederholt und dabei der Name desjenigen, der die Analyse ausgeführt hat, angegeben (Anderson).

Ammoniaksalze im Tropengebiet reichlicher vertreten sind als im Wasser der gemässigten Zone, war etwas übereilt von Murray und Irvine. Wie Thoulet [1]) angiebt, hat Dieulafait folgende Werthe für Ammoniak wärmerer Meeresgebiete erhalten.

	Ammoniak in 1 Liter Meerwasser
Ismailia	0,204 mgr.
Rothes Meer (O. 33° 54′ N. 24° 40′)	0,176 „
Cap Guardafui (O. 49° 42′ N. 12° 44′)	0,176 „
Socotora, Norden der Insel	0,176 „
Golf von Bengalen (O. 87° 55′ N. 5° 34′	0,136 „
Küste von Conchinchina (O. 107° 22′ N. 14° 37′) . . .	0,340 „

Im Tropengebiet kann also das Meerwasser ungefähr ebensowenig Ammoniak enthalten wie nach der von Murray und Irvine angegebenen Analyse das Nordseewasser. Wenn es danach schon klar ist, dass es noch sehr viel eingehenderer Untersuchungen bedarf, ehe man einen Vergleich ziehen kann, so ist doch zugleich darauf hinzuweisen, dass solche Untersuchungen mehr wissenschaftlichen Werth haben, wenn sie auf alle anorganischen Stickstoffverbindungen ausgedehnt und ausserdem recht bald nach der Probeentnahme ausgeführt werden [2]). Da ein und derselbe Assistent von Murray und Irvine alle 3 Proben analysirt hat, so wird die wenig zeitraubende Untersuchung wohl erst kurz vor der Veröffentlichung stattgefunden haben, d. h. im Jahre 1889 oder 1888. Die Challenger-Expedition hat aber in der Zeit vom Dezember 1872 bis Mai 1876 stattgefunden. Die zweite Wasserprobe hat also mindestens 12 Jahre gestanden, ehe sie untersucht wurde. Wann Kapitän Wharton die Wasserprobe in den Tropen gesammelt hat, verschweigen Murray und Irvine. Mehrere Monate, vielleicht aber auch Jahre, werden darüber hingegangen sein, ehe die Untersuchung stattfand. Dass die Proben nach der Entnahme sterilisirt worden sind, wird nicht angegeben. Es genügen aber bei den Stickstoffverbindungen schon wenige Tage, um nicht bloss die Menge der einzelnen Verbindungen, sondern sogar die Gesammtmenge des Stickstoffs sehr erheblich zu ändern.

Ausserdem ist mit der Ammoniakbestimmung allein nicht viel gewonnen, sondern es muss auch festgestellt werden, wieviel Nitrate und Nitrite vorhanden sind [3]), damit man die Gesammtmenge der zur Verfügung stehenden Stickstoffverbindungen erhält.

Sehr ausgedehnte und allem Anschein nach durchaus zuverlässige Untersuchungen über das Vorkommen von Salpetersäure, salpetriger Säure und Ammoniak in sehr verschiedenen Meerestiefen und in verschiedenen Gebieten verdanken wir Natterer [4]). Derselbe hat in den

---

[1]) J. Thoulet, Océanographie Paris 1890. S. 279.

[2]) Wenn die Untersuchung nicht alsbald ausgeführt werden kann, muss die Probe sofort nach der Entnahme sterilisirt werden (z. B. durch Zufügen von Quecksilberchlorid), sonst führt die spätere Bestimmung der Stickstoffverbindungen zu falschen Resultaten.

[3]) Wie ich bei früherer Gelegenheit angegeben habe, enthielt Meerwasser der Kieler Bucht an verschiedenen Stellen des Aussenhafens 3 gr bis weniger als 1 gr Salpetersäure (+ salpetrige Säure) in 1 cbm. (Ueber den Stoffwechsel im Meere. 1899. Anm.)

[4]) Konrad Natterer, chemische Untersuchungen im östlichen Mittelmeer.

1. Reise S. M. S. „Pola“ im Jahre 1890					„Berichte d. Comm. f. Erforsch. des östl. Mittelmeeres“
2. „ „ „Pola“ „ „ 1891					III. IV. VII. XI. in Denkschr. Akad. Wiss. Wien.
3. „ „ „Pola“ „ „ 1892					Bd. 59. 1892 (1. u. 2. Reise),
4. „ „ „Pola“ „ „ 1893	(Schlussbericht)				Bd. 60. 1893 (3. Reise), Bd. 61. 1894 (4. Reise).

Jahren 1890—96 an 6 österreichischen Forschungsfahrten selbst theilgenommen und mehr als 300 Wasserproben aus dem östlichen Mittelmeere, dem Marmara-Meere und dem Rothen Meere auf Stickstoffverbindungen untersucht. Ueber Ort und Zeit der Probeentnahme, Tiefe der Wasserschicht und Wassertiefe an der betreffenden Stelle, Temperatur u. s. w. findet man in Natterer's Tabellen alles Wissenswerthe zusammengestellt. Er hat die besten zur Zeit vorliegenden Methoden angewandt und hat vor allem die Untersuchungen auf Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure sofort nach der Probeentnahme an Bord ausgeführt [1]).

Bezüglich der Salpetersäure sagt Natterer in den 6 verschiedenen Berichten übereinstimmend, dass der Nachweis derselben ihm nicht gelungen sei. Die Menge der Salpetersäure in den untersuchten Wasserproben war zu gering, als dass sie mit Diphenylamin und Schwefelsäure quantitativ nachweisbar gewesen wäre. Es kommt hinzu, dass die auf andere Weise nachgewiesene salpetrige Säure ebenfalls mit Diphenylamin und Schwefelsäure eine Blaufärbung giebt, dass also eine ganz schwache Reaktion, die gelegentlich erhalten wurde, auch auf Vorhandensein von salpetriger Säure bezogen werden konnte.

Ueber das Vorkommen von salpetriger Säure, das durch das kolorimetrische Verfahren mittels Jod-Zinkstärkelösung und Schwefelsäure nachgewiesen wurde, werden nur in Betreff der 1. Pola-Reise angenäherte Werthe mitgetheilt. In den fünf späteren Berichten hat Natterer das wegen der Unsicherheit der genaueren Feststellung vermieden und sich mit der Angabe begnügt, wo relativ viel, weniger, noch weniger, fast nichts oder gar nichts an salpetriger Säure sich nachweisen liess. Die Menge war nie erheblich, sondern meist derart, dass sie an der Grenze der Bestimmbarkeit stand. Die für die 1. Pola-Reise auf der Fahrt durch das Jonische Meer von Natterer angegebenen 38 Bestimmungen stelle ich zur nachstehenden Tabelle zusammen. Die von Natterer in ccm angegebenen Werthe sind in Gramm umgerechnet.

0,00033 gr N_2O_3 in 1 cbm Wasser	1 mal	1 × 0 m
0,00066—0,0023	7 „	4 × 0 m
		3 × 5—200 m
0,005—0,006	10 „	2 × 0 m
		3 × 300—3000 m
		5 × Boden (meist „Lothwasser“ [2])

Ferner 5.) K. Natterer, Tiefseeforschungen im Marmara-Meer. Auf S. M. S. „Taurus“ im Mai 1894. } Ber. d. Comm. f. Tiefsee-Forschungen XIV. in Denkschr. Ak. Wien Bd. 62 1895.

Endlich 6.) K. Natterer, chemische Untersuchungen. Expedition S. M. S. „Pola“ in das Rothe Meer, nördliche Hälfte. Oktober 1895 bis Mai 1896. } Ber. d. Comm. f. oceanographische Forschungen IX. in Denkschr. Ak. Wien Bd. 65. 1898.

Für den Hinweis auf diese wichtigen Arbeiten bin ich Herrn Prof. Krümmel zu Dank verpflichtet.

[1]) Wie Natterer in seinem Bericht über die 3. Pola-Reise angiebt, zeigten Wasserproben, die so gut wie frei von salpetriger Säure und Salpetersäure waren, nach dem Aufbewahren, wenn sie im Dunkeln gehalten werden, schon nach wenigen Tagen relativ grosse Mengen von salpetriger Säure. Salpetersäure dagegen liess sich nicht nachweisen, auch nach einem Jahre war nichts davon zu finden. Wenn aber die Wasserproben beim Aufbewahren dem Licht ausgesetzt wurden, bildete sich nicht salpetrige Säure, sondern sehr langsam Salpetersäure. Nach einem Jahre waren in solchen Fällen ziemlich bedeutende Mengen von Salpetersäure vorhanden.

[2]) Als „Bodenwasser“ bezeichnet Natterer die knapp über dem Boden geschöpften Proben, als „Lothwasser“ aber das mit Bodenschlamm zusammen mittels des Belknap-Lothes heraufgeholte, den Schlamm durchtränkende Wasser. Das Lothwasser wurde vor der Untersuchung auf salpetrige Säure filtrirt.

0,008—0,0115	17 mal	4 × 0 m
		1 × 5—200 m
		9 × 300—3000 m
		3 × Boden (meist unmittelbar über dem Boden geschöpft)
0,018—0,023	3 „	3 × 600—3000 m.

Von den 5 Gebieten des östlichen Mittelmeeres, die auf den 4 Reisen der Pola und auf der Taurus-Fahrt untersucht wurden, waren die beiden tiefsten Gebiete, nämlich das Jonische Meer und die grosse östliche Bucht zwischen Nildelta, Syrien und Kleinasien (1. und 3. Pola-Reise), verhältnissmässig am reichsten an salpetriger Säure. Die ungeheueren Wassermassen der dämmerigen oder dunklen Tiefen, die einige hundert Meter unter der Oberfläche beginnen und bis unmittelbar über dem Boden hinabreichen, waren relativ reich an salpetriger Säure. Nach den Schätzungen auf der 1. Reise mag der Gehalt an salpetriger Säure dort ungefähr 0,01—0,02 gr pro 1 cbm Wasser betragen.

In den weniger tiefen Gebieten, die auf den drei anderen Reisen untersucht wurden (2. Pola-Reise, zwischen Kreta und Afrika, 4. Pola-Reise, Aegäisches Meer, und Taurus-Expedition, Marmara-Meer), waren die entsprechenden Wasserschichten erheblich ärmer an salpetriger Säure.

Die oberen, lichtdurchstrahlten Wasserschichten liessen, abgesehen von wenigen Ausnahmen, nur Spuren von salpetriger Säure oder sogar gar nichts davon erkennen. In dem Strom, der aus dem Nitrit-armen Aegäischen Meere (bei der Insel Cerigo) in das Jonische Meer eintritt, wurden nur ganz geringe Werthe für den Gehalt an salpetriger Säure gefunden. Dagegen wies derjenige Strom, der zwischen Rhodus und Kleinasien aus der reicheren östlichen Bucht des Mittelmeeres in das Aegäische Meer hineinströmt, sogar in der Nähe der Oberfläche (in 50 m Tiefe) denselben relativen Reichthum an Nitriten auf, wie er in der östlichen Bucht selbst nur in grösseren Tiefen herrscht.

In allen 5 Gebieten zeigte das mit den Lothproben heraufgeholte Wasser stets nur eine schwache oder sehr schwache Nitrit-Reaktion, auch wenn das Wasser dicht über dem Boden relativ reich an salpetriger Säure war (z. B. auf der 1. und 3. Pola-Reise).

Für das Aegäische Meer, in welchem nach Natterer ein „fast durchgängiges Fehlen der salpetrigen Säure“ vorliegt, werden (in dem Bericht über die 4. Pola-Reise) noch nähere Angaben gemacht. 46 Wasserproben wurden auf salpetrige Säure untersucht. 11 Proben waren mit dem Belknap-Loth aus der obersten Schlammschicht heraufgebracht, 18 waren knapp über dem Meeresgrund, die übrigen näher der Oberfläche geschöpft worden. Von den 11 Lothwasserproben zeigten 7 eine mehr oder weniger schwache Violettfärbung, zwei fast keine, zwei gar keine Reaktion. Von den 18 Bodenwasserproben wiesen nur zwei einen etwas grösseren Gehalt an salpetriger Säure auf, die eine lieferte ein kaum merkliches, die andere ein ganz schwaches Blau. Vier Bodenwasserproben waren fast frei von salpetriger Säure, zwölf ganz frei. Von den im freien Wasser geschöpften Proben gaben 9 gar keine Reaktion (eine aus 0 m, 2 aus 10 m, 4 aus 50 m und 2 aus 300 oder 400 m Tiefe). Nur eine Probe von Oberflächenwasser enthielt sehr geringe Spuren von salpetriger Säure.

Auf die Schlüsse, die Natterer aus seinen Befunden zieht, gehe ich hier nicht weiter ein. Da Natterer die denitrificirenden Bakterien gänzlich unberücksichtigt lässt, so musste er zu irrigen Deutungen gelangen.

Ich halte z. B. für irrthümlich die sehr weitgehenden Schlussfolgerungen, die Natterer bezüglich der starken Vertikalbewegungen des Wassers aus seinen Untersuchungen über das Vorkommen von Stickstoffverbindungen zieht, ferner den Erklärungsversuch für die Nitrit-Armuth des den Schlamm durchtränkenden Wassers (Eindringen von Sonnenlicht bis in die grössten Meerestiefen, so dass Pflanzen die salpetrige Säure im Boden unter Verwerthung des vom Schlamm absorbirten Lichtes reduciren können), und vor allem auch die Annahme, dass die Stickstoffverbindungen (besonders Ammoniak) im Meere deshalb in geringer Menge vorhanden sind, weil ein erheblicher Theil vom Schlamm festgehalten wird und ausserdem das, was die Pflanzen in den belichteten Schichten an Stickstoffverbindungen nicht verwerthen, als Ammoniak in die Atmosphäre entweicht.

Die sehr gründlichen Untersuchungen Natterer's auf der Pola-Expedition 1895—96 im Suez-Kanal und im nördlichen Theile des Rothen Meeres stehen bezüglich der salpetrigen Säure im Allgemeinen im Einklang mit seinen bei den 5 vorhergehenden Fahrten gewonnenen thatsächlichen Ergebnissen. Zehn Wasserproben des Suez-Kanals gaben bis auf eine gar keine Nitrit-Reaktion. Nur Bodenwasser aus dem Hafen von Port-Said gab ein kaum merkliches Violett nach 6stündigem Stehen. Im Rothen Meere wurden mehrmals nahe der Wasseroberfläche im Gebiete der Korallenriffe Spuren von salpetriger Säure nachgewiesen. Im Hochseegebiet des Rothen Meeres wurde in mehr als 20 Fällen gar keine Reaktion, in 19 Fällen aber eine sehr schwache Reaktion erhalten. Auch das Wasser knapp über dem Grunde des Rothen Meeres wies in 16 Fällen gar keine salpetrige Säure auf, in 18 Fällen eine geringe Spur und nur in 2 Fällen eine erheblichere Menge davon. Abweichend verhielt sich die lange und schmale, aber zugleich tiefe Bucht von Akaba. In den allerobersten Schichten (0—10 m) wurde in manchen Fällen keine oder nur eine schwache Reaktion erhalten, in anderen jedoch eine verhältnissmässig starke. In Proben aus 100 m Tiefe wurden ebenso wie in Bodenwasserproben meist relativ recht beträchtliche Werthe für Nitritgehalt gefunden. Das sog. Lothwasser enthielt stets nur sehr geringe Mengen von salpetriger Säure. Aber auch die im Vergleich zu den Befunden im eigentlichen Rothen Meere hoch erscheinenden Werthe der Bucht von Akaba waren geringer als die in Theilen des Mittelmeeres nachgewiesenen.

Von allgemeiner Wichtigkeit ist folgende von Natterer festgestellte Thatsache [1]). In „Bodenwasser" des Rothen Meeres konnte Natterer oft nicht einmal Spuren von salpetriger Säure nachweisen; trotzdem war der Sauerstoffgehalt der betr. Wasserproben verringert. „Der Umstand, dass an vielen dieser Stellen der Sauerstoffgehalt bedeutend verringert war, zeigt, um wie viel langsamer die Bildung der salpetrigen Säure erfolgt, als der Verbrauch des Sauerstoffes, ja dass beide als nahezu unabhängig von einander betrachtet werden können. Uebrigens spricht Vieles dafür, dass von der Meeresoberfläche aus

[1]) Chemische Untersuchungen im Rothen Meere 1895—96. S. 489.

die Zerstörung der salpetrigen Säure in bedeutend grössere Tiefen hinabreicht, als die Sauerstoffproduktion, beide wahrscheinlich zum Theil durch verschiedene Arten pflanzlicher Organismen veranlasst." Ich möchte diesen interessanten Befund anders deuten als Natterer, nämlich dahin, dass salpetrige Säure an solchen Stellen vorhanden gewesen, durch denitrificirende Bakterien aber zerstört worden ist. Wegen der dabei stattfindenden Abscheidung von elementarem Stickstoff wird eine Verringerung der im Verhältniss zum Stickstoff im Meerwasser gelösten Sauerstoffmenge eintreten. Bei der Deutung der Befunde der Gasanalysen ist bisher die Rolle der verschiedenen Stickstoffbakterien anscheinend unberücksichtigt geblieben. Auch die merkwürdige Fähigkeit der nitrificirenden Bakterien, den Kohlenstoff der Kohlensäure nach Art der chlorophyllführenden Pflanzen (aber auch im Dunkeln) zu assimiliren, ist dabei von Wichtigkeit.

Auf den 6 Fahrten hat Natterer ferner den Gehalt des Meerwassers an Ammoniak geprüft und festgestellt, dass in allen 312 Wasserproben bei Untersuchung gleich nach der Entnahme eine mit Nessler's Reagens messbare grössere oder geringere Menge von Ammoniak vorhanden war.

Es zeigte sich, dass ein höherer Gehalt an Ammoniak im Allgemeinen nur in dem den Schlamm durchtränkenden Wasser am Boden („Lothwasser") vorkam (0,12—0,62 gr in 1 cbm Wasser). Die darüber befindlichen Schichten, knapp über dem Boden bis zur Oberfläche enthielten zwar stets Ammoniak, meist aber nur geringe Mengen (0,0077—0,01 gr in 1 cbm Wasser). Nur ausnahmsweise wurde ein etwas beträchtlicherer Gehalt an Ammoniak in dem freien Wasser angetroffen (fünfmal 0,123—0,15 gr, nur einmal sogar 0,32 gr in 1 cbm Wasser). In der nachstehenden Uebersicht habe ich den Gehalt der 312 von Natterer untersuchten Wasserproben für die 6 verschiedenen Fahrten und für 3 verschiedene Schichten des freien Wassers sowie für den *Boden* (Lothwasser und Bodenwasser nicht getrennt!) gesondert zusammengestellt.

Die Wasserproben vom Boden, welche in den beiden ersten Spalten (a und b) angeführt sind, betreffen meist „Bodenwasser", diejenigen der Spalten c, d und e aber fast immer sog. „Lothwasser" [1]). Wenn man von der in der Tabelle nicht weiter berücksichtigten Verschiedenheit von Bodenwasser und Lothwasser ganz absieht und nur die 112 in grösserer Entfernung vom Boden oder gar an der Oberfläche mit dem Wasserschöpfer gewonnenen Proben berücksichtigt, so enthielten bei allen 6 Fahrten zusammen

87	Proben	0,0077—0,06	gr	in	1	cbm	Wasser
19	„	0,061—0,1	„	„	1	„	„
5	„	0,012—0,15	„	„	1	„	„
1	„	0,32	„	„	1	„	„

[1]) Dass in Mudwasser der Ammoniakgehalt ein sehr viel bedeutenderer ist als im freien Wasser haben Murray und Irvine (einige Jahre später als Natterer) auch gefunden. Wie ich vorher (S. 54) angeführt habe, soll nach Murray und Irvine die enorme Menge von 2—80 Theilen Ammoniak (saline ammonia) in einer Million Theilen Mudwasser (bei Schottland) vorkommen. Natterer hat für das östliche Mittelmeer, das Marmarameer und das Rothe Meer nur ausserordentlich viel geringere Werthe (etwa 0,1—0,62 Theile Ammoniak in einer Million Theilen Wasser), also nur etwa $^1/_{100}$ von dem, was Murray und Irvine gefunden haben, erhalten.

Zahl der Wasserproben, welche enthielten an Ammoniak

in 1 Lit. Wasser ccm		a 0,01—0,07	b 0,08—0,13	c 0,15—0,33	d 0,36—0,65	e 0,81	Zusammen	
in 1 cbm Wasser **gr**		**0,0077—0,06**	**0,061—0,1**	**0,12—0,25**	**0,26—0,5**	**0,62**		
Pola 1. Reise (Jonisches Meer 1890)	0 m	10	3		1		14	51
	5—200 m	3	1	1			5	
	300—3000 m	10	7				17	
	Boden	*3*	*4*	*4*	*4*		*15*	
Pola 2. Reise (zwischen Kreta und Afrika 1891)	0 m	7					7	63
	5—200 m	6					6	
	300—3000 m	2	1				3	
	Boden	*23*	*8*	*14*	*1*	*1*	*47*	
Pola 3. Reise (Grosse östl. Bucht des Mittelmeeres 1892)	0 m	3		1			4	51
	5—200 m	9					9	
	300—3000 m	4					4	
	Boden	*11*	*1*	*21*	*1*		*34*	
Pola 4. Reise (Ägäisches Meer 1893)	0 m	1					1	45
	5—200 m	6					6	
	300—3000 m	2					2	
	Boden	*21*		*8*	*7*		*36*	
Taurus (Marmara-Meer 1894)	0 m	1					1	14
	5—200 m	2					2	
	300—3000 m	1					1	
	Boden	*4*		*6*			*10*	
Pola (Rothes Meer, Nördl. Hälfte 1895/96)	0 m	8	3	3			14	88
	5—200 m	11	4				15	
	300—3000 m	1					1	
	Boden	*23*	*12*	*11*	*12*		*58*	
		87 *85*	**19** *25*	**5**[1] *64*	**1**[1] *25*	*1*	**312**	
		172	44	69	26	1		

[1]) Die 6 ausnahmsweise hohen Werthe für Ammoniakgehalt in den oberen Wasserschichten sind folgende:

Pola 1. Reise	0,42 ccm	— 0,32 gr	— 0 m	Stat. Nr. 12	Meerestiefe 700 m
„ 1. „	0,20 „	— 0,15 „	— 200 „	„ „ 12	„ „
„ 3. „	0,17 „	— 0,13 „	— 0 „	Nach Abfahrt von Port-Said	?
„ Rothes Meer	0,16 „	— 0,123 „	— 0 „	Suez-Kanal zwischen Bittersee und Suez. Nr. 10	?
„ „ „	0,20 „	— 0,15 „	= 0 „	Stat. Nr. 12	Meerestiefe 48 m
„ „ „	0,20 „	— 0,15 „	— 0 „	„ „ 40	?

Oder in anderer Zusammenstellung enthielten von den

41 überhaupt untersuchten Proben aus 0 m Tiefe . .	30	0,0077—0,06	gr
	6	0,061—0,1	„
	4	0,12—0,15	„
	1	0,32	„
von den 43 Proben aus 5—200 m Tiefe	37	0,0077—0,06	„
	5	0,061—0,1	„
	1	0,15	„
und endlich von den 28 Proben aus 300—3000 m Tiefe	20	0,0077—0,06	„
	8	0,061—0,1	„

In den von Natterer recht gut untersuchten Gebieten des östlichen Mittelmeer zeigt sich ebenso wie im Marmara-Meer und im Rothen Meere, dass in dem freien Wasser der Ammoniakgehalt in den allermeisten Fällen nur 0,0077—0,06 gr in 1 cbm Meerwasser betrug, in einer Anzahl von Fällen bis 0,1 gr stieg und nur ausnahmsweise höhere Werthe erreichte. Die z. Th. aus demselben Gebiet von Dieulafait früher untersuchten Wasserproben hatten sehr viel höhere Werthe (z. B. 0,176—0,204 gr in 1 cbm bei Ismailia und im Rothen Meere) ergeben und erscheinen jetzt gegenüber den einwandfreien Untersuchungen Natterer's zweifelhaft. Wahrscheinlich sind auch diese Proben erst längere Zeit nach der Probeentnahme untersucht worden.

Es ist mir nicht bekannt, dass für irgend ein anderes grösseres Meeresgebiet ähnliche sorgfältige Bestimmungen des Gehaltes an Stickstoffverbindungen ausgeführt sind, wie es von Natterer geschehen ist. Seine Untersuchungen scheinen zu folgenden Schlüssen verwerthet werden zu können: Am Boden bilden sich in Folge des Verwesens niedergesunkener Thiere und Pflanzen unter Mitwirkung gewöhnlicher Fäulnissbakterien unter Anderem Ammoniak und Kohlensäure. Das Ammoniumkarbonat vertheilt sich in den über dem Boden lagernden Wasserschichten und wird hier durch nitrificirende Bakterien zu salpetriger Säure und z. Th. eventuell auch zu Salpetersäure oxydirt. Die Kohlensäure dient dabei den Nitromonaden als Kohlenstoffquelle. In den tieferen Schichten von mehr als 3000 m Tiefe bis 400 oder 300 m hinauf findet sich nach Natterer oft eine verhältnissmässig ansehnliche Menge von salpetriger Säure. Nitrification wird auch am Boden selbst stattfinden, wird aber immer wieder unterbrochen werden durch Denitrification, so dass in dem den Schlamm durchtränkenden Wasser stets nur geringe Mengen von salpetriger Säure nachgewiesen wurden, auch dann, wenn die unmittelbar über dem Boden befindlichen Wasserschichten einen verhältnissmässig hohen Nitritgehalt besassen. Ausserdem kommt, abgesehen von wenig zahlreichen Ausnahmefällen, in den oberen lichtdurchstrahlten und zugleich stärker besiedelten Wasserschichten von 0 bis etwa 200 m hinab die salpetrige Säure nur in Spuren vor oder lässt sich sogar gar nicht nachweisen. Das kann z. Th. an starker Inanspruchnahme seitens der Pflanzen des Planktons liegen, z. Th. aber auch durch Denitrification bedingt sein. Für die Thätigkeit denitrificirender Bakterien in den oberen Wasserschichten spricht z. B. der Umstand, dass nur der Nitritgehalt und nicht auch der Ammoniakgehalt in den oberen Schichten im Allgemeinen bedeutend geringer ist als in den tiefen Wasserschichten. Demnach scheint — wenigstens im östlichen Mittelmeere, dem

Marmara-Meere und dem Rothen Meere — die Denitrification vorzugsweise am Meeresboden (in recht verschiedenen Tiefen) und ausserdem in den oberen Wasserschichten bis zu einer Tiefe von etwa 200 oder 300 m hinab stattzufinden. —

Auf Grund der Bestimmungen Natterer's ist es jetzt schon wenigstens bis zu einem Grade möglich der Frage näher zu treten, ob es wirklich die Stickstoffverbindungen sein werden, die in den producirenden Wasserschichten im Minimum vorhanden sind. Zur Prüfung dieser Frage müsste man die Menge des im Wasser gelösten gebundenen anorganischen Stickstoffs vergleichen mit derjenigen Menge von Stickstoff, die in demselben Wasser im Eiweiss der lebenden Planktonorganismen vorhanden ist [1]). Das geschieht am besten durch direkte Stickstoffbestimmung von vollständigen quantitativen Planktonfängen. Solche Analysen liegen für das von Natterer untersuchte Gebiet noch nicht vor, sondern nur für die Kieler Bucht. In der nachstehenden Tabelle stelle ich die hier in Betracht kommenden Angaben kurz zusammen. Die letzte Spalte giebt an, wie gross der Gehalt der Planktonorganismen an Stickstoff in den 9 analysirten vollständigen quantitativen Planktonfängen war.

Stickstoff-Gehalt von quantitativen Planktonfängen der Kieler Föhrde (Heulboje, 20 m) [2]).

No. der Analyse	Datum	Zusammensetzung	Trockensubst. (event. reducirt)	N-Gehalt (% der Trockensubstanz)	Demnach in 1 cbm Meerwasser [3]) gr N
II	3. 10. 92	Vorwiegend Peridineen	1,1517	3,41	0,039
III	13. 10. 92		1,1071	3,16	0,034
IV	15. 11. 92		0,6722	3,28	0,022
V	14. 2. 93	Gemischter Fang	0,2337	3,14	0,0073
VI	15. 3. 93	Vorwiegend Diatomeen	1,0611	1,80	0,0245
VII	4. 4. 93		0,5730	2,43	0,0139
VIII	5. 5. 93	Thiere prävaliren	0,1642	5,61	0,0092
IX	28. 8. 93		0,3166	5,24	0,0276
X	28. 11. 93	Gemischter Fang	0,7967	3,19	0,0254

Die Werthe erscheinen sehr niedrig für ein verhältnissmässig so reiches Gebiet, wie es die Kieler Bucht ist. Sie schwanken zwischen rund 0,007—0,04 gr N in 1 cbm Wasser, entsprechen also ungefähr den Durchschnittswerthen, die Natterer für den Ammoniakgehalt der

[1]) Die Feststellung der Menge der organischen Substanz, die „in leicht oxydirbarer Form" in den Wasserproben enthalten ist, reicht für diesen Zweck nicht aus.

[2]) K. Brandt, Beiträge zur Kenntniss der chemischen Zusammensetzung des Planktons. Wiss. Meeresuntersuch. Bd. 3. Kiel, 1898. — Diese Abhandlung enthält nähere Angaben über Gewinnung, Zählung und Verarbeitung der Fänge sowie die Begründung der in vier Fällen erfolgten Reduktion des Trockengewichts.

[3]) Mit dem Planktonnetz sollte eine Wassersäule von 20 m Höhe (vom Grunde bis zur Oberfläche) und 0,1 qm Fläche (= 2 cbm) abfiltrirt werden. Der Verdrängungsverlust beträgt nach Hensen in solchen Fällen 0,5 cbm; der noch nicht genau genug bekannte Filtrationsverlust ist gleichfalls zu 0,5 cbm angenommen. Es bleibt übrig 1 cbm.

assimilirenden Schichten des freien Wassers im Mittelmeer u. s. w. erhalten hat (s. Spalte a der die Ammoniakbestimmungen Natterer's betreffenden Tabelle). Es ist hiernach sehr wohl möglich, dass die Stickstoffverbindungen im Minimum vorhanden sind.

Gegen die von mir aufgestellte Hypothese könnte ferner der Einwand erhoben werden, dass es mir mit derselben ähnlich ergehen werde, wie denjenigen Forschern, welche die Bedeutung der Denitrification für das Ackerland sehr überschätzt und, wie König [1]) sagt, die salpeterzerstörende Wirkung der denitrificirenden Bakterien „in ebenso unbesonnener als besorgnisserregender Weise ausgebeutet" haben. Auch Lemmermann [2]) hebt hervor, dass er ebenso wie Pfeiffer schon seit längerer Zeit den Standpunkt vertrete, dass die Denitrification nicht die Bedeutung für die Praxis besitzt, welche man ihr zugeschrieben hat. Ferner citirt er folgende Sätze von Winogradsky und Omeliansky: Was die Gefahren der Denitrification betrifft, so sind sie nicht gross, weil eben die Denitrificatoren ihre Wirkung nur auf Kosten der organischen Substanz ausüben können, welche beim Beginn der Salpeterbildung schon zerstört sind. Die betreffenden Organismen sind also nothwendigerweise zur Unthätigkeit verdammt. Diese Gefahr könnte erst dann auftreten, wenn man zu einer schon nitrificirten oder auf dem Wege zur Denitrification befindlichen Masse frische organische Substanzen hinzufügte."

Stutzer führt (nach Lemmermann) denselben Gedanken in folgender Weise ausführlicher aus: Es unterliegt keinem Zweifel, dass hinsichtlich des untergepflügten Düngers die Furcht vor der verheerenden Wirkung der den Salpeter vernichtenden Bakterien eine übertrieben grosse ist. Wesentliche Verluste treten nur beim Aufbewahren auf dem Hofe ein. Wenn der Stalldünger im Herbst untergepflügt wurde und im Frühjahr für die Hackfrüchte Salpeter ausgestreut wird, dann ist nach der 5—6monatlichen Lagerung des Düngers im Boden die Zersetzung der organischen Stoffe so weit vorgeschritten, dass im April und Mai die Salpeterzerstörer machtlos geworden sind. Auch ist in diesem Falle nicht zu befürchten, dass derjenige Salpeter in erheblichem Masse vernichtet wird, der aus den stickstoffhaltigen Bestandtheilen des Düngers im Erdboden sich bildet. Die Salpeterbildung aus den stickstoffhaltigen Antheilen des Düngers erfolgt bekanntlich ebenfalls durch die Thätigkeit von gewissen kleinen Lebewesen. Aber diese sind gegen niedrige Temperaturen, wie solche im Spätherbst bis zum Frühjahr in der Ackerkrume herrschen, empfindlich, sie halten gewissermassen einen Winterschlaf und beginnen ihre Thätigkeit erst dann, wenn im April und Mai der Erdboden wärmer geworden ist. Dagegen können diejenigen Organismen, welche die Zersetzung der Kohlehydrate des Stalldüngers veranlassen, auch in der frostfreien Zeit des Winters thätig sein, sie sind nicht so empfindlich gegen Kälte. Geht auch die Verrottung des Düngers im Winter nicht so schnell vor sich wie im Sommer, so wird sie doch nicht unterdrückt, sofern der Boden frostfrei ist. Hat man im Herbst einen ziemlich frischen Stalldünger in den Boden gebracht, so beginnt die Salpeterbildung vorzugsweise erst im Frühjahr, wenn die stickstofffreien Antheile des Mistes so weit zersetzt sind, dass diese eine ausgiebige Nahrung für die

[1]) König, Die Bedeutung der Bakteriologie für die Landwirthschaft. Fühling's Landw. Zeitung.
[2]) Otto Lemmermann, Kritische Studien über Denitrificationsvorgänge. Habilitationsschrift Jena 1900. S. 83.

Salpeterzerstörer nicht mehr liefern können. Wir haben von diesen Organismen nicht viel zu fürchten, wenn der Dünger einige Monate vor Aussaat des Samens im Boden gelegen hatte, oder wenn er hinreichend lange auf der Düngerstätte sich befand und hier in ordnungsmässiger Weise behandelt wurde. Die Furcht vor den Salpeterzerstörern ist nur dann eine berechtigte, wenn im Frühjahr für irgendwelche Sommergewächse frischer strohiger Stalldünger untergepflügt wird. —

Im Meere liegen die Verhältnisse in dieser Hinsicht sehr viel ungünstiger. Auf dem Acker und der Wiese lässt es sich durch rationelle Anwendung des Düngers vermeiden, dass eine stärkere Zerstörung der Stickstoffverbindungen stattfindet, im Meere aber nicht. Der Umstand, dass auch ohne Kultur auf dem Lande ein üppiges Leben in den Tropen herrscht, weist ja ausserdem auch darauf hin, dass die Denitrification auf dem Lande nicht in so beträchtlichem Grade stattfindet, wie im Wasser. An Flussmündungen werden nicht bloss gelöste Stickstoffverbindungen dem Meere zugeführt, sondern auch unaufhörlich zahllose lebende vegetabilische und animalische Planktonorganismen, die alle absterben und untersinken. Ferner werden auch abgestorbene Thiere und frische Theile von Landpflanzen ins Meer geschwemmt, die gleichfalls zu Boden sinken. Andererseits werden auch viele Meeresorganismen, die in das brackische Gebiet gelangen, in Folge des geringeren Salzgehaltes des Wassers getödtet und lagern sich gleichfalls am Grunde ab. Es wird den Fäulnissbakterien und speciell auch den Stickstoffbakterien sehr häufig neues Nährmaterial zugeführt. Vor allem wird während der Nitrification auch immer wieder durch Zufuhr von frischem organischem Material Denitrification eingeleitet. Am Grunde wird also eine energische Zersetzung der organischen Substanz unter dem Einfluss von sehr verschiedenen Bakterien und unter Vorwiegen bald dieser, bald jener Gruppe der Mikroorganismen stattfinden. Ein grosser Theil der organischen Substanzen wird in Kohlensäure und in Salze übergeführt, die dann als Pflanzennährstoffe in den Stoffwechsel des Meeres übergehen; die Stickstoffverbindungen aber werden zum nicht geringen Theile zerstört. Das letztere geht daraus hervor, dass selbst in der Nähe der ins Meer mündenden Siele der Gehalt an Stickstoffverbindungen nur sehr gering ist [1]). Aehnlich wie in der Nähe der Flussmündungen ist es im ganzen Küstengebiet. Wo die Lebensbedingungen am Grunde nicht zu ungünstig sind, werden Bakterien gedeihen, welche die abgestorbenen vegetabilischen und animalischen Organismen zerstören. Dadurch, dass immer von neuem Organismen absterben und sich bald hier bald dort am Boden ablagern, wird immer wieder die schon eingeleitete Nitrification durch Denitrification unterbrochen. Da nun ferner die kleinen Planktonorganismen auch nach dem Absterben sehr langsam niedersinken und ausserdem der Koth der Wasserthiere dem Wasser sich beimischt, so ist auch im freien Wasser den denitrificirenden Bakterien die Möglichkeit geboten, das im Wasser gelöste Nitrat oder Nitrit zu zersetzen. In Folge dessen kann auch auf hoher See, mindestens in den oberen

[1]) B. Fischer, Untersuchungen über die Verunreinigungen im Kieler Hafen. Zeitschr. f. Hygiene u. Infektionskrankheiten. 23. Bd. 1876. S. 47. Im inneren Hafen von Kiel hat Fischer nur 0,23—0,57 mgr Ammoniak im Liter Wasser konstatirt. Auch salpetrige Säure und Salpetersäure waren selbst in stark verunreinigtem Hafenwasser höchstens in Spuren vertreten. Das ist um so auffallender, als nach Fischer's Schätzung 2/3 des Urins von 100000 Einwohnern (à 1170 gr Urin) = 78 Tonnen Urin täglich durch die Kanalisation in den Hafen geleitet werden.

producirenden Wasserschichten, die stärker besiedelt und zugleich wärmer sind, eine Denitrification stattfinden. Am Boden der Tiefsee sowie im seichten Wasser der kalten Meere werden die niedergesunkenen Leichen wegen der meist niedrigen Temperatur wohl nur z. Th. durch Bakterien, und auch nur durch gewisse Arten derselben, in anorganische Stoffe übergeführt werden. Grossentheils werden die Aasfresser des Grundes die Nahrung ausbeuten. —

Bei unserer jetzigen unvollkommenen Kenntniss könnte aber auch behauptet werden, dass es überhaupt gar nicht die Stickstoffverbindungen sind, die dem Gesetz des Minimum entsprechend die Produktion im Meere in der Regel beherrschen, sondern dass andere nur in sehr geringer Menge vertretene Pflanzennährstoffe, z. B. **Phosphorsäure,** für die grössere oder geringere Produktion den Ausschlag geben. Um diesen Einwand zu prüfen und eventuell zu widerlegen, bedarf es noch ausgedehnter und vor allem auch nach einem wohl überlegten Plan und mit einwandfreien Methoden ausgeführter, vergleichender Untersuchungen einerseits über die vertikale und horizontale Verbreitung der verschiedenen spurenweise anzutreffenden unentbehrlichen Pflanzennährstoffe und andererseits über das Nährstoffbedürfniss der wichtigsten Pflanzen des Meeres.

Ueber das Vorkommen von phosphorsaurem Kalk im Meerwasser sind mir nur die Angaben von C. Schmidt [1]) bekannt. Nach Tabelle XXV (S. 231) fanden sich in 1000 gr Wasser

	nördl. Breite östl. Länge von Greenwich	Datum	Temperatur	Mineralsalze überhaupt	Phosphorsaurer Kalk
1. **Ostsee** zwischen Öland und Gotland	56° 35′ N 17° 30′ O	28. Sept. 1870	12,5°	7,2225	0,0010
2. **Weisses Meer** in der Nähe der Solowetz-Inseln	65° 3′ N 35° 33′ O	18. Sept. 1873	?	25,9730	0,0086
3. **Weisses Meer** bei Cap Orlow	67° 4′ N 41° 45′ O	6. Aug. 1873	?	28,6154	0,0111
4. **Weisses Meer** zwischen Solowetz und Orlow	66° 25′ N 41° 0′ O	28. Aug. 1870	7,2°	29,6770	0,0141
5. **Eismeer** zwischen der Insel Kolgujeff u. der Südwest-Küste von Nowaja-Semlja	69° 55′ N 49° 30′ O	23. Juli 1870	?	33,1246	0,0149
6. **Eismeer** an der Murmanküste gegenüber Kola	69° 37′ N 34° 0′ O	14. Sept. 1870	8,7°	34,8859	0,0166
7. **Atlant. Ocean** bei Norwegen, WNW von Bergen	61° 1′ N 4° 15′ O	22. Juni 1870	11,3°	33,3558	0,0165
8. **Atlant. Ocean** bei Norwegen, Nöstvik	64° 55′ N 8° 15′ O	23. Juni 1870	10°	35,0631	0,0156

[1]) C. Schmidt, Hydrologische Untersuchungen. Bull. Acad. Petersburg. Bd. 24. 1878 S. 177 u. f. Die Analysen sind z. Th. wiedergegeben in: J. Roth, allgemeine und chemische Geologie. 1. Bd. Berlin 1879 S. 505 u. f.

	nördl. Breite östl. Länge von Greenwich	Datum	Temperatur	Mineralsalze überhaupt	Phosphorsaurer Kalk
9. **Grosser Ocean** Südchinesisches Meer zwischen Saigon und Singapore	7,4 ° N 106,4 ° O	7. Okt. 1875	28,6 °	32,0803	0,0056
10. **Indischer Ocean** Malakkastr.	1,7 ° N 102,9 ° O	10. Okt. 1875	29,4 °	27,9654	0,0046
11. **Indischer Ocean** zwischen Ceylon und Aden	8,5 ° N 68,3 ° O	19. Okt. 1875	28,2 °	36,6809	0,0031
12. **Indischer Ocean** bei Socotora	12,0 ° N 52,2 ° O	22. Okt. 1875	26,6 °	35,5337	0,0023
13. **Rothes Meer** Str. von Bab-el-Mandeb	12,8 ° N 43,3 ° O	26. Okt. 1875	28 °	36,7139	0,0045
14. **Rothes Meer** (wahrscheinlich zwischen Bab-el-Mandeb und Mitte des Rothen Meeres)	?	?	?	39,0080	0,0026
15. **Rothes Meer** Mitte	22,1 ° N 37,7 ° O	28. Okt. 1875	28,9 °	39,7640	0,0025
16. **Suez-Kanal** Ismaila	30 ° 35 ′ N 32 ° 20 ′ O	31. Okt. 1875	22,1 °	51,0264	0,0029

Wenn man von der ganz abweichenden Probe aus der Ostsee (Analyse 1) absieht [1]), erhält man für das kühlere Gebiet des weissen Meeres, des Eismeeres und der norwegischen Küste n. von Bergen (Analysen 2—8)

in 1 000 000 Theilen Wasser **8,6—16,6** Th. Calciumphosphat (bei Temperaturen von 7,2—11,3 °),

für das wärmere Gebiet des südchinesischen Meeres, des Indischen Oceans, des Rothen Meeres und des Suez-Kanals (Analysen 9—16) dagegen

in 1 000 000 Theilen Wasser **2,3—5,6** Th. Calciumphosphat (bei Temperaturen von 22,1—29,4 °).

Für das kühle Wasser beträgt der Mittelwerth 13,9, für das warme 3,5 Th. Calciumphosphat in 1 000 000 Theilen Wasser. Das Verhältniss ist also ungefähr 4 : 1.

[1]) Schmidt stellt S. 242 Analysen Forchhammers von Wasser des Finnischen Meerbusens zusammen. Danach ist der Gehalt an Phosphorsäure selbst in recht salzarmem Wasser meist grösser als der von Schmidt gefundene Werth der Analyse 1 (P_2O_5-Gehalt 0,0007 in 1000 Theilen Wasser).

Forchhammer fand in 1000 Theilen Wasser des Finnischen Meerbusens 0,0046, 0,0121, 0,0054, 0,0054, 0,0054 und 0,0085 Theile P_2O_5 in 6 verschiedenen Proben. Diese Werthe sind etwa so hoch wie die für die Analysen 2, 3 und 4 (Weisses Meer) für P_2O_5 erhaltenen Werthe: 0,0062, 0,0080 bezw. 0,0101 Theile in 1000 Theilen Wasser (entsprechend 0,0086, 0,0111 und 0,0141 Theilen $Ca_2P_2O_6$).

Nimmt man an, dass die Resultate der Analysen vollkommen einwandfrei sind [1]), so hat man zunächst die Frage zu prüfen, wie ein so bedeutender Unterschied im Phosphorsäuregehalt des warmen Wassers einerseits, des kalten andererseits zustande kommen kann. Dafür, dass etwa Mikroorganismen die Löslichkeit des phosphorsauren Kalks direkt beeinflussen oder dass sie gar eine ähnliche Wirkung wie bei den Stickstoffverbindungen ausüben, liegen nicht die geringsten Anhaltspunkte vor. Ebensowenig wird man annehmen können, dass die Kälte direkt die Löslichkeit des phosphorsauren Kalks begünstigt. Man wird sich vielmehr vorzustellen haben, dass ein indirekter Einfluss des kalten Wassers vorliegt, insofern als kaltes Wasser doppelt soviel Kohlensäure absorbirt wie Wasser von der Temperatur der Tropenmeere, in kohlensäurereichem Wasser aber von dem Kalkphosphat sich mehr löst, als in kohlensäurearmem Wasser.

Es fragt sich dann weiter, ob die Mengen von gelöster Phosphorsäure so gering sind, dass sie das Minimum der Produktion bestimmen werden. Diese Frage muss nach den bis jetzt vorliegenden Daten verneint werden, und zwar aus folgendem Grunde. Eine Million Theile Wasser enthalten nach Schmidt 2,3—16,6 Theile Calciumphosphat, nach Murray und Irvine's sowie nach Dieulafait's Angaben jedoch nur 0,13—0,48, nach den Angaben Natterer's sogar nur ausnahmsweise mehr als 0,0077—0,01 Theile Ammoniak [2]). Wenn man auch den Gesammtgehalt an Stickstoffverbindungen zehnmal so hoch veranschlagt als die von Murray und Irvine angegebenen Werthe für Ammoniak, so ist auch dann noch der Stickstoff im Minimum. Der Verbrauch an Pflanzennährstoffen steht in dem Verhältniss, wie die Stoffe in den Pflanzen gefunden werden. Für Landpflanzen ist das Verhältniss derart, dass stets erheblich mehr Stickstoff als Phosphorsäure in ihnen vorhanden ist. Nach Knop [3]) enthält die Trockensubstanz von ganzen Pflanzen durchnittlich 0,6 % Phosphorsäure und 1,5 % Stickstoff. Aehnlich wird das Verhältniss bei Meerespflanzen sein, die eine beträchtliche Menge von Stickstoff (Diatomeen z. B. 1,6 %, Peridineen 2,0 % [4]) und wenig

[1]) Schmidt hat meist Quantitäten von etwa 1/2 Liter analysirt. Bei Analyse von Süsswasser wie auch Meerwasser erhält man aber, wie Knop (Der Kreislauf des Stoffs, S. 173) angiebt, „beim Eindunsten von 1 bis 5 Litern kaum wägbare Mengen von Phosphorsäure, dass exakte Analytiker dieselbe bei Wasseranalysen unter den Bestandtheilen der Gewässer nicht durch Zahlen mit ausdrücken und meist nur angeben, das untersuchte Wasser habe ausser den quantitativ bestimmten Bestandtheilen noch Spuren von Phosphorsäure enthalten. . . . Man hat, getäuscht durch die gleiche Reaktion der Kieselsäure, früher mehr als einmal Phosphorsäure da gefunden, wo dieselbe bei dem Quantum Material, das zur Analyse gezogen wurde, faktisch gar nicht mehr nachweisbar war."

Wenn auch dieser Einwand vielleicht für Schmidt's Analysen nicht zutreffen mag, so kommt doch noch ein anderer in Betracht. Wie Murray und Irvine gelegentlich mit Bezug auf die quantitative Bestimmung der Kieselsäure mit Recht hervorheben, ist es durchaus nothwendig, dass Wasserproben, die man auf geringe Spuren von solchen Substanzen untersuchen will, welche auch in Organismen vorkommen, vor der Analyse sorgfältig filtrirt werden. Man erhält sonst einen um so grösseren Fehler, je mehr kleine Planktonorganismen in dem Wasser sich befunden haben. Gerade in den Wasserproben, die am häufigsten analysirt worden sind, den an der Meeresoberfläche geschöpften, sind aber meist die Planktonorganismen recht zahlreich vertreten.

[2]) Allerdings ist in Mudwasser nach Natterer sowie nach Murray und Irvine mehr Ammoniak vertreten, doch ist zu erwarten, dass auch der Gehalt an phosphorsaurem Kalk dort erheblicher ist. — Dass Bodenschlamm des Meeres sehr beträchtliche Mengen von Stickstoff in Form von Ammoniak enthält, ist übrigens wohl zuerst von Behrens nachgewiesen worden (1. Jahresber. d. Komm. z. wiss. Untersuch. d. deutsch. Meere 1873 S. 58). Drei verschiedene getrocknete Grundproben der Ostsee enthielten 0,18, 0,24 bezw. 0,4 % Stickstoff in Form von Ammoniak.

[3]) Der Kreislauf des Stoffs. S. 188 und 327.

[4]) Brandt, Beiträge zur Kenntniss der chemischen Zusammensetzung des Planktons. S. 63 u. 85. Ein Planktonfang, der zum bei weitem grössten Theile aus Diatomeen bestand, enthielt 1,8 % N in der Trockensubstanz. Davon enthielt die Diatomeen-Trockensubstanz 1,6 % N bezw. 10 % (1,6×6,25) Eiweiss. *Ceratium* und andere Peridineen enthalten durchschnittlich 13 % Eiweiss in der Trockensubstanz, also $\frac{13}{6,25}$ N (2,08 %).

Phosphorsäure enthalten. Wie Knop [1]) z. B. angiebt, enthalten folgende Rhodophyceen bezw. Phaeophyceen in 100 Theilen Trockensubstanz:

Chondrus crispus . .	0,08 Th.	Phosphorsäure	(nach Forchhammer)
„ *plicatus* . .	0,44 „	„	„ „
Delesseria sanguinea .	0,27 „	„	„ „
Fucus nodosus . . .	0,23 „	„	(nach Goedchens)
„ *serratus* . . .	0,60 „	„	„ „
„ *vesiculosus* . .	0,19 „	„	„ „

Im Mittel also 0,3 % Phosphorsäure. —

Wie vorher erwähnt, wird ein unentbehrlicher Nährstoff, nämlich die Kohlensäure, (ebenso wie andere Gase) von kaltem Wasser in grösserer Menge absorbirt als von warmem Wasser. Es bedarf daher die Frage, ob etwa dieser Nährstoff den relativen Reichthum der kalten Meere hervorruft, einer kurzen Prüfung. Für Stickstoff und Sauerstoff, die bis zur Sättigung gelöst werden, liegt eine lehrreiche Tabelle von Dittmar [2]) vor. Ein Liter Seewasser nimmt bei Sättigung mit (beständig erneuerter) Luft von t° und einem Druck von 760 mm (plus der Tension des Wasserdampfes bei t°) die folgenden Volumina der beiden Gase (bei 0° und 760 mm Druck gemessen) auf:

Temp. ° C.	Gelöster Stickstoff und Sauerstoff in Cubikcentimetern		Procentsatz des Sauerstoffs in den gelösten Gasen
	Stickstoff	Sauerstoff	
0	15,60	8,18	34,40
5	13,86	7,22	34,24
10	12,47	6,45	34,09
15	11,34	5,83	33,93
20	10,41	5,31	33,78
25	9,62	4,87	33,62
30	8,94	4,50	33,47
35	8,36	4,17	33,31

Wenn auch die Menge von N+O bei 0° 23,78, bei 30° aber nur 13,44 ccm pro Liter Meerwasser beträgt, so ist bei den im Meere vorkommenden Temperaturen der Sauerstoffgehalt vollkommen ausreichend für die Meeresorganismen. Nach Hoppe-Seyler [3]) genügt schon ein Gehalt von 2 ccm absorbirten Sauerstoff im Liter Wasser vollkommen, um verschiedene Fische und Krebse ruhig athmend mehrere Stunden lang zu erhalten, und bei einem Gehalte

[1]) Der Kreislauf des Stoffs. S. 640.

[2]) Challenger Report. Physics and Chemistry. Vol. I. 1884. S. 224.

[3]) F. Hoppe-Seyler. Ueber die Vertheilung absorbirter Gase im Wasser des Bodensees und ihre Beziehungen zu den in ihm lebenden Thieren und Pflanzen (24. Heft der Schriften des Vereins für Geschichte des Bodensees und seiner Umgebung. S. 17 des Sonderabdrucks).

von mindestens 3 ccm Sauerstoff im Liter Wasser athmen auch in dieser Beziehung empfindliche Fische, wie Forellen, vollkommen ruhig viele Stunden lang, wenn dieser Gehalt erhalten bleibt.

Die Kohlensäure ist (im Gegensatz zu Sauerstoff und Stickstoff) in den oberen producirenden Wasserschichten nie in solchen Mengen vertreten, dass das Wasser damit gesättigt wäre, sondern nur in verhältnissmässig geringen Quantitäten. Die geringen Mengen von Kohlensäure, die sich im Meerwasser finden, sind aber im Vergleich zu den Spuren von Kohlensäure, die in der Luft den Landpflanzen zur Verfügung stehen (3—4 Theile Kohlensäure auf 10000 Raumtheile Luft), nicht unerheblich [1]). Trotz der sehr geringen Mengen von Kohlensäure, die sich in der Atmosphäre finden, wird aber niemals von der Kohlensäure das Minimum der Produktion bestimmt. Es ist daher auch ganz unwahrscheinlich, dass das im Meere der Fall ist.

Ausser den Stickstoffverbindungen, der Phosphorsäure und der Kohlensäure könnte — wenigstens für manche massenhaft auftretende Meerespflanzen, nämlich die Diatomeen — eventuell noch die **Kieselsäure** als im Minimum vorhanden in Betracht kommen. Murray und Irvine [2]) haben schon die Frage erörtert, woher und in welcher Weise die drei grossen Gruppen von Meeresorganismen, welche Kieselsäure brauchen, nämlich die Diatomeen, die Radiolarien und die Spongien, das Material für die Bildung ihrer Kieselskelete beziehen. Sie denken sich den Vorgang für die am Boden lebenden Organismen folgendermassen: Bei der Zersetzung organischer Substanz werden durch Reduktion von Sulfaten Sulfide von Alkalien gebildet. Diese Sulfide mögen den Thon (Aluminiumsilikat) am Boden zersetzen und freie lösliche Kieselsäure abspalten, die von den Spongien u. s. w. aufgenommen und aufgespeichert wird. Für die in den oberen Wasserschichten frei schwebenden Radiolarien und Diatomeen scheint ihnen die Menge der im Wasser gelösten Kieselsäure nicht ausreichend. Auf Grund eigener Untersuchungen und der in der Litteratur vorliegenden Angaben sind Murray und Irvine der Meinung, dass in gut filtrirtem Seewasser nur sehr geringe Quantitäten, etwa 1 Theil gelöste Kieselsäure auf 200000 bis 500000 Theile Seewasser, kommen [3]). Ihre Ansicht geht dahin, dass die Auftrieborganismen die geringen Spuren von Aluminiumsilikat, die im Seewasser auch weit von der Küste entfernt schwebend angetroffen werden, direkt verwerthen. Die 7 untersuchten Wasserproben aus verschiedenen Meeresgebieten (l. c. S. 243) enthielten, wenn sie in freier See geschöpft waren, sehr wenig Thonpartikelchen (0,0006 bis 0,0052 gr in 14 Liter Wasser, dagegen nahe dem Lande und in seichteren Meerestheilen sehr viel mehr davon (0,0105 bis 0,0259 gr in 14 Liter Wasser). Die Diatomeen u. s. w. sollen die überall vorhandenen, sonst unlöslichen Thonpartikelchen in Lösung bringen und die Kieselsäure für

---

[1]) Nach Regnard's Untersuchungen (Physique biologique. Paris 1891, S. 347) z. B. kommen bei Croisic (September) 2,1—4,9, bei Dieppe (Oktober) 5,0, bei Concarneau (August) 9,1—9,2 ccm freie (nicht gebundene) Kohlensäure auf 1 Liter Meerwasser. Aehnliche Werthe wie Regnard erhielt auch Hoppe-Seyler (a. a. O.).

[2]) J. Murray and R. Irvine, On Silica and the Siliceous Remains of Organisms in Modern Seas. Proceed. R. Soc. Edinburgh. Vol. 18. 1892. S. 229—250.

[3]) In der Tabelle (S. 235), welche die bis jetzt vorliegenden Analysen zusammenfasst, werden allerdings auch Fälle angeführt, in denen ein Theil Kieselsäure auf 7450, 9000, 11000, 12000, 14000 u. s. w. Theile Seewasser kommen. Murray und Irvine bezweifeln jedoch, dass in solchen Fällen das Seewasser vor der Analyse gut filtrirt worden sei. Die eigenen Bestimmungen, die sie in der Schottischen Marinen Station ausgeführt haben, ergaben nur 1 Theil gelöste Kieselsäure in 200000 bis 500000 Theilen Seewasser. Ueber Ort und Zeit der Probeentnahme werden nähere Angaben nicht gemacht.

sich verwenden. Eine sehr geringe Menge von gelöstem Aluminiumoxyd lässt sich nach Murray und Irvine in fast allen Seewasserproben nachweisen. Der Umstand, dass die Auftrieb-Diatomeen besonders in den brackischen Gewässern und in kalten Meeresgebieten wuchern, in salzarmem und kühlerem Wasser aber nach den angestellten Versuchen (S. 241 und 242) die Thonpartikel in grösserer Menge schweben bleiben, wird von den Autoren zu Gunsten ihrer Hypothese herangezogen.

Ich vermag nicht recht einzusehen, dass diese Hypothese das Verständniss sehr fördert. Erstens halte ich es für höchst unwahrscheinlich, dass pelagische Diatomeen die festen Thonpartikelchen unter direkter Berührung in Lösung bringen, um die Kieselsäure für sich zu verwerthen. Zweitens aber sind die Mengen von Aluminiumsilikat, die den Diatomeen und Radiolarien der hohen See zur Verfügung stehen, ganz ausserordentlich gering. Den von Murray und Irvine angegebenen Minimal- und Maximal-Werthen (0,0006 bis 0,0259 gr Aluminiumsilikat in 14 Liter Wasser) entspricht das Verhältniss 0,000043 bis 0,0018 gr in 1 Liter, d. h. es findet sich 1 Theil Thon in rund 23 Millionen oder 555 Tausend Theilen Seewasser. Diesem erst noch zu lösenden Aluminiumsilikat stehen gegenüber an gelöster Kieselsäure 1 Theil auf 200000 bis 500000 Theile Seewasser, zuweilen vielleicht noch mehr. Nach den vorliegenden, unvollkommenen Angaben mag das Verhältniss zwischen der Kieselsäure, die in den suspendirten Thontheilchen enthalten ist, und der im Wasser gelösten Kieselsäure zu gewissen Zeiten in freier See 1 zu 100 betragen.

Die Menge der im Meerwasser gelösten Kieselsäure ist augenscheinlich räumlich und zeitlich recht verschieden. Das geht nicht bloss aus den vorliegenden von Murray und Irvine (S. 235) zusammengestellten Analysen hervor, sondern wird auch durch die verschiedene Art des Auftretens der pelagischen Diatomeen wahrscheinlich. Dieselben sind zu gewissen Zeiten in den arktischen und antarktischen Meeren enorm zahlreich, während sie nur verhältnissmässig spärlich in den eigentlichen Tropenmeeren angetroffen werden. Auch in der westlichen Ostsee macht sich ein sehr bedeutendes Frühjahrsmaximum der Diatomeen geltend, das (je nach den Jahren) in den März, den April oder Mai fällt, aber nur kurze Dauer hat. Ausserdem aber tritt meist auch eine deutliche, wenn auch in der Regel nur geringe Wucherung der Diatomeen im Herbst, in der Zeit zwischen August und Oktober, ein [1]). Ein ähnliches Auftreten der Diatomeen hat u. A. Apstein [2]) für die holsteinischen Seen, Lohmann neuerdings auch für das freie Mittelmeer bei Syrakus nachgewiesen.

Auf Grund der mir vorliegenden Planktonfänge der Kieler Bucht bin ich in der Lage, die weitere Frage zu prüfen, ob die von Murray und Irvine angenommene Menge gelöster Kieselsäure ausreicht, um auch bei sehr starker Wucherung der Diatomeen das nöthige Schalenmaterial zu liefern. Die bedeutendsten Diatomeen-Maxima haben wir während fünfjähriger Untersuchungen [3]) in der Kieler Bucht an folgenden Tagen konstatirt: Am 8. Mai 1890 betrug

[1]) K. Brandt, Die Fauna der Ostsee, insbesondere die der Kieler Bucht. Verhandl. d. Deutsch. Zool. Gesellsch. 1897. S. 29 und 30.

[2]) C. Apstein, Das Süsswasserplankton. Kiel. 1896. S. 128.

[3]) Die Fänge sind mit Hensen's Planktonnetz (Eingangsöffnung 0,1 qm) in der Weise gemacht, dass das Netz bis zum Grunde (20 m) hinabgelassen und dann senkrecht zur Oberfläche emporgezogen worden ist.

das Volumen der abgesetzten Organismenmasse des ganzen Fanges 1546 ccm, am 15. März 1893 im Mittel mehrerer Fänge 1385 ccm. Dieser letztere Fang vom 15. März 1893 ist in meiner Abhandlung „Beiträge zur Kenntniss der chemischen Zusammensetzung des Plankton“ [1]) (als Fang VI) näher berücksichtigt. Er ist einer der grössten quantitativen Fänge, die überhaupt in der westlichen Ostsee gemacht worden sind, und besteht zugleich vorwiegend aus Diatomeen. Die hier in Betracht kommenden Werthe sind: Volumen des Fanges 1385 ccm; Zusammensetzung: 3173 Millionen Diatomeen (davon 2780 Millionen Chaetoceros), 0,5 Millionen Peridineen, 15 Tausend Copepoden etc.; Trockengewicht des Fanges (reducirt) 1,06 gr; Trockengewicht der im Fange enthaltenen Diatomeen geschätzt zu 0,99 gr; Kieselsäuregehalt der Diatomeen (s. S. 85) 54,5 % der Trockensubstanz, entsprechend einem Gewicht von 0,54 gr [2]).

In den mehr als 3 Milliarden Diatomeen des Fanges waren also 0,54 gr Kieselsäure vorhanden. Es fragt sich nun, in welcher Wassermenge die Diatomeen des Fanges sich befunden haben. Der Eingangsöffnung von 0,1 qm und der Höhe der durchfischten Wassersäule (20 m) entsprechend, hätte das Netz beim Emporziehen 2 cbm Seewasser abfiltriren und alle in dieser Wassermasse enthaltenen Organismen zurückhalten müssen; es findet aber sowohl ein Verdrängungs- als auch ein Filtrationsverlust statt. Der erstere Fehler wird in diesem Falle wegen der enormen Menge sehr kleiner Organismen (vorwiegend Chaetoceros) bedingten Verstopfung vieler Netzporen relativ gross, der letztere aber verhältnissmässig klein gewesen sein. Wenn man die Grösse des Verdrängungsverlustes zu ½ cbm veranschlagt, und ausserdem annimmt, dass von dem filtrirenden Netzzeug (Seidengaze Nr. 20) nur der dritte Theil der wirklich vorhanden gewesenen Diatomeen zurückgehalten worden ist, so würden in 1,5 cbm Ostseewasser 3 × 0,99 gr Diatomeen-Trockensubstanz mit 3 × 0,54 gr $Si O_2$ vorhanden gewesen sein. Die in 1,5 cbm Meerwasser enthaltenen Diatomeen würden dann 1,62 gr Kieselsäure besitzen. Demnach kämen 1,62 Theile Diatomeen-Kieselsäure auf 1 500 000 Theile Wasser, oder rund 1 Theil feste Kieselsäure auf 1 Million Theile Meerwasser. Ich bemerke ausdrücklich, dass die Menge der Diatomeen in diesem Falle ungewöhnlich hoch angenommen ist. Murray und Irvine haben also die Menge der Diatomeen sehr überschätzt, wenn es ihnen unbegreiflich erschien, dass 1 Th. gelöste $Si O_2$ auf 200 bis 500 Tausend Theile Seewasser als einzige Quelle für die Bildung der Diatomeen-Schalen ausreichen könnte [3]).

Die vorher schon herangezogenen Analysen von C. Schmidt enthalten auch Angaben über das Vorkommen von Kieselsäure in den untersuchten Wasserproben. Indem ich wegen der genaueren Orts-, Zeit- und Temperaturangaben u. s. w. auf die frühere Tabelle (S. 65 und 66)

[1]) Wiss. Meeresunters. N. F. Bd. 3, Heft 2, 1898. S. 45—90.

[2]) Die durch Zählung ermittelte Zusammensetzung ist S. 53 u. 54 der citirten Schrift, die Nothwendigkeit einer Reduktion des Trockengewichts von 1,2 auf 1,06 gr ist S. 66 und die Art der Schätzung des Diatomeengewichtes im Verhältniss zum Gesammttrockengewicht S. 79 näher begründet.

[3]) Von Ostseewasser werden von Murray und Irvine (S. 235) die nachstehenden Analysen ohne nähere Angabe, wo und wann die untersuchten Wasserproben der Ostsee entnommen sind, mitgetheilt:

Nach 2 Analysen	von Forchhammer	kommt	1 Th.	Si O_2	auf	14 000	bis 37 260	Th. Ostseewasser
„ 1 Analyse	„ Sass	„	1 „	„	„	56 200	„	„
„ 4 Analysen	„ Göbel jun.	„	1 „	„	„	43 740	„ 2 012 000	„ „
„ 1 Analyse	„ C. Schmidt	„	1 „	„	„	437 000	„	„ „

verweise, stelle ich in der gleichen Reihenfolge, wie vorher den Gehalt an phosphorsaurem Kalk, nachstehend den Gehalt an Kieselsäure in 1 Million Theilen Wasser zusammen:

1. Ostsee	2,3 Th. SiO_2	9. Südchinesisches Meer	3,2 Th. SiO_2
2. Weisses Meer	9,1 „ „	10. Malakkastrasse	3,0 „ „
3. „ „	10,1 „ „	11. Indischer Ocean, Ceylon	1,8 „ „
4. „ „	17,0 „ „	12. „ „ Socotora	2,1 „ „
5. Eismeer	14,4 „ „	13. Rothes Meer	5,2 „ „
6. „	17,6 „ „	14. „ „	4,4 „ „
7. Atlantischer Ocean bei Norwegen	17,2 „ „	15. „ „	3,2 „ „
8. „ „ „ „	14,9 „ „	16. Suez-Kanal	2,7 „ „

Auch hier zeigt sich, ähnlich wie vorher bei der Phosphorsäure, dass in den Proben aus dem kühleren Gebiet (Analysen 2—8) in einer Million Theilen Wasser 9,1—17,6, in denen aus dem wärmeren Gebiet dagegen in einer Million Theilen Wasser nur 1,8—5,2 Theile Kieselsäure gefunden sind. Da nur die letzteren Werthe, die für das warme Gebiet gelten, innerhalb der von Murray und Irvine für wahrscheinlich gehaltenen Grenzen (1 Theil Kieselsäure auf 200000 bis 500000 Theile Wasser) liegen, die für das kühlere Gebiet angegebenen aber den Werthen 1 Theil Kieselsäure auf 56000 bis 110000 Theile Wasser entsprechen, so wird man wohl annehmen müssen, dass das Wasser vor der Analyse nicht auf das sorgfältigste von allen kieselhaltigen Organismen getrennt worden ist [1]). Auch hier tritt wieder deutlich hervor, dass es sich vor allem darum handeln muss, sichere Unterlagen durch planmässige Untersuchungen zu schaffen. Ein Gehalt von 3,2 Theilen gelöster Kieselsäure in einer Million Theilen Wasser (bezw. von 1 Theil SiO_2 in 312000 Theilen Wasser) wie er nach Schmidt's Analysen durchschnittlich im Oberflächenwasser der tropischen Meere erwartet werden muss, würde ausreichen, den ungeheuren Mengen von Diatomeen, die man in den kalten Meeren während der Wucherungsperiode der Diatomeen beobachtet, die erforderliche Kieselsäure darzubieten. Die Differenz im Kieselsäuregehalt des warmen und des kalten Gebietes ist also (wenigstens nach dem bis jetzt vorliegenden Material) nicht verwerthbar für Erklärung des Diatomeenreichthums der arktischen und antarktischen Gewässer und die relative Armuth der tropischen Meere an diesen kleinen Pflänzchen.

Bei dem gegenwärtigen, freilich noch recht unvollkommenen Stande unserer Kenntniss von dem Leben und dem Stoffwechsel im Meere ist die Hypothese, dass die Stickstoffverbindungen in Folge der Thätigkeit der Stickstoffbakterien die Stärke der Produktion, wenn auch nicht ausschliesslich, so doch in erster Linie beherrschen, diejenige, die am meisten Wahrscheinlichkeit hat.

Anhangsweise möchte ich an dieser Stelle noch die Ergebnisse einiger Versuche über nitrificirende Bakterien anführen.

Gleichzeitig mit den Untersuchungen über denitrificirende Meeresbakterien fanden im zoologischen Institut auch solche über nitrificirende statt.

[1]) Besser wäre es, die Filtration gleich nach der Probeentnahme auszuführen, und zur Aufbewahrung der erst später zu untersuchenden Wasserproben nicht Glasgefässe zu verwenden.

Es wurden Proben von Gartenerde, Walderde und Erde von einem gedüngten Feld mit Winogradsky's Nährlösung versetzt. In allen 3 Fällen wurde Nitrification erzielt.

Ferner wurde zu Bodenschlamm eines Seewasser-Aquariums und zu einer Schlammprobe, die im Kieler Hafen bei Bellevue entnommen war, die Nährlösung für nitrificirende Bakterien hinzugefügt und gleichfalls Nitrification konstatirt.

Endlich wurden bei einer Fahrt am 20. November 1900 verschiedene Seewasser- und Mudproben frisch entnommen und in sterilisirte Nährlösung gebracht. Zwei an derselben Stelle (Boje D) entnommene Mudproben ergaben Nitrification. Die nachstehende Uebersicht zeigt die Untersuchungen, welche bezüglich des Vorkommens von nitrificirenden Bakterien in der Kieler Föhrde von Dr. Baur angestellt sind.

No.	Zur Aussaat verwendetes Material	Datum	Kulturmedium	Diphenylamin-Schwefelsäure-Reaktion + positiv bezw. — negativ		
1	2 ccm Seewasser von Boje D	20. XI.	Seewasser 20 steri-lisirt, dann steriles Magnesiumcarbonat (etwa $^1/_2$ ccm) und 2 ccm sterile 2 % Ammonsulfatlösung zugesetzt.	24. XI. —		1. XII. —
2	2 ccm Seewasser von Friedrichsort	„		„ —	27. XI. —	„ —
3	„ „ „ „	„		„ —	„ —	„ —
4	2 ccm Seewasser von der Heulboje	„		„ —	„ —	„ —
5	2 ccm Mud von Boje D	„		„ +	„ +	„ +
6	„ „ „ „ „	„		„ +	„ +	„ +
7	2 ccm Mud von Friedrichsort	„		„ —	„ —	„ —
8	„ „ „ „	„		„ —	„ —	„ —

Im Mud bei Boje D in der Aussenföhrde fanden sich ausser denitrificirenden Bakterien also auch nitrificirende, die mehrere Generationen hindurch fortgezüchtet wurden und noch jetzt in Kultur sind. Die Zusammensetzung und Herstellungsweise einer nach den Versuchen von Dr. Baur sehr geeigneten Nährlösung für nitrificirende Bakterien ist oben (S. 52) bereits angegeben.

Bis jetzt ist es uns noch nicht gelungen eine Reinkultur der nitrificirenden Meeresbakterien zu gewinnen. Dagegen haben folgende Versuche mit den Rohkulturen ein positives Resultat ergeben.

Einerseits wurden Nährlösungen, die mit Seewasser angesetzt waren, aus Rohkulturen der nitrificirenden Erdbakterien geimpft, andrerseits wurden sehr geringe Mengen von nitrificirenden Meeresbakterien in gewöhnliche Nährlösung nach Winogradsky (ohne Seewasserzusatz) gebracht. In allen Fällen wurde nach einigen Wochen mit Diphenylamin-Schwefelsäure eine sehr starke Reaktion erzielt. Daraus geht hervor, dass die nitrificirenden Bakterien der Garten- und Walderde sowie des gedüngten Ackerbodens nicht bloss in Süsswasser, sondern auch in Seewasser gedeihen können, und dass umgekehrt die Meeresbakterien auch in Süsswasser ihre nitrificirende Wirkung ausüben. Es ist daher möglich, dass wenigstens gewisse nitrificirende Bakterien des Landes, des Süsswassers und des Meeres identisch sind. Die Reinkulturen müssen das Nähere ergeben.

3. Ziele und Wege von Untersuchungen über den Stoffwechsel im Meere.

Um eine Einsicht in den Kreislauf des Stoffs im Meere zu gewinnen und damit die Forschung über allgemeine Meeresbiologie auf eine breitere Grundlage zu stellen, ist es nöthig, zielbewusste und gründliche Untersuchungen auszuführen einerseits über die im Meerwasser gelösten Nährstoffe und das Plankton nach Qualität und Quantität, andrerseits auch über den Meeresgrund in physikalischer, chemischer und bakteriologischer Hinsicht und über Art und Stärke seiner Besiedelung. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen stehen nicht bloss unter einander, sondern auch mit den Resultaten der hydrographischen Forschung in inniger Wechselbeziehung und bilden eine unentbehrliche Grundlage für die Kenntniss der Ernährungsbedingungen aller Meeresthiere mit Einschluss der Nutzfische.

Wie auf dem Lande ist auch im Meere die Bildung organischer Substanz abhängig von den allgemeinen Produktionsbedingungen. Von diesen biologischen Faktoren werden Lichtintensität, Temperatur, Salzgehalt, Gehalt an Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff, sowie Durchmischung bezw. Schichtung des Wassers durch die Hydrographen ohnehin untersucht. Aufgabe der Biologen aber ist es, diese ermittelten Werthe auf ihre physiologische Bedeutung für die charakterbestimmenden Pflanzen des Meeres und weiterhin auch für die Thiere, zu erforschen. Ausserdem kommt von Produktionsbedingungen vor allem noch das anorganische Rohmaterial für die Ernährung der Pflanzen in Betracht. Wie ich vorher (S. 45) ausgeführt habe, entnehmen die Algen — im Gegensatz zu den Landpflanzen und den Seegräsern — die zu ihrer Ernährung erforderlichen Substanzen aus dem umgebenden Wasser und nicht aus dem Boden. In erster Linie ist also das Seewasser selbst auf diejenigen unentbehrlichen Nährstoffe zu untersuchen, welche in sehr geringer und zugleich wechselnder Menge im Wasser gelöst sind, so dass sie die Stärke der Produktion direkt beeinflussen können. Ausserdem aber muss durch Untersuchung des Bodens und der unmittelbar über dem Boden befindlichen Wasserschichten festgestellt werden, wodurch der verschiedene Gehalt des freien Seewassers an Pflanzennährstoffen bedingt wird.

Es muss eine beständige Auflösung von Nährsalzen durch die zerstörende Wirkung des Wassers und der Bodenbakterien stattfinden. Die Stärke und die Bedeutung dieser auflösenden Wirkung ist einerseits von der chemischen Zusammensetzung des Bodens, andrerseits von der Feinheit der Bodentheilchen, also von der physikalischen Beschaffenheit, abhängig. Es bedarf daher auch gründlicher und mannigfaltiger Bodenuntersuchungen. Sie werden zur Aufklärung der Ursachen dafür, dass der eine Meeresabschnitt reich, der andre arm ist, bei planmässiger Ausführung wesentlich beitragen können.

Um aber überhaupt festzustellen, ob ein Gebiet mehr oder weniger reich oder arm ist, ob günstige oder ungünstige Produktionsbedingungen vorliegen, giebt es bis jetzt nur ein Verfahren, das ist die quantitative Planktonforschung. Während die Uferpflanzen in ihrem Vorkommen durch verschiedene Umstände beschränkt sind, ist das freie Wasser eine

Wiese, auf der die mikroskopischen Pflänzchen die gelösten Nährstoffe und die Produktionsbedingungen überhaupt um so vollständiger ausnutzen, je gleichmässiger sie im Wasser vertheilt sind. Auf dieser Wiese finden sich so zahlreiche Weidethiere von recht verschiedener Grösse, dass der Bestand an Pflanzen meist gering erscheint, weil beständig, wie auf einer stark beweideten Wiese, die neu producirte Pflanzensubstanz aufgefressen wird. Um die Produktion kennen zu lernen, muss man in dem quantitativen Planktonfang durch Zählung die Producenten von den Konsumenten trennen, denn das ist auf keine andere Weise möglich. Aehnlich wie auf dem Lande sind auch die charakterbestimmenden Pflanzen eines Meeresabschnitts von den Produktionsbedingungen abhängig, und zwar ganz besonders von den zur Verfügung stehenden Nährstoffen. Wo ungünstige Ernährungsbedingungen vorliegen, finden sich Kümmerformen, anspruchsvollere Pflanzen sind nur spärlich vertreten oder fehlen; umgekehrt gedeiht eine anders zusammengesetzte und reichere Planktonvegetation, wo die gelösten Nährstoffe reichlicher vertreten sind. Reiche und sehr viel ärmere Gebiete (z. B. Stettiner Haff und Papenwasser) können unter Umständen nahe bei einander liegen und in unmittelbarem Zusammenhang stehen [1]).

Nach Massgabe der im Meere vorliegenden Verhältnisse ist die quantitative Planktonmethode nicht bloss das einzige bis jetzt vorliegende, sondern theoretisch auch das beste Verfahren, um die Produktion im Meere festzustellen. Man hat eingewendet, dass der Methode in praktischer Hinsicht Fehler anhaften, weil man mit den Netzen aus Müllergaze Nr. 20 nicht alle Organismen fangen kann, die in der durchfischten Wassersäule sich befinden. Dagegen ist zu sagen, dass jede auch noch so feine Messungsmethode Fehler hat. Dies allein verbietet nicht die Anwendung der Methode, sobald nur das Bestreben darauf gerichtet ist, die Grösse der Fehler kennen zu lernen und die Schlussfolgerungen nur innerhalb der Fehlergrenzen der Methode zu ziehen. Auch bei der Planktonmethode sind ergänzende Untersuchungen über die Grösse des Verlustes bei den verschiedenen Fängen auszuführen [2]).

1. Plankton.

a) Die unentbehrliche Grundlage für quantitative Planktonstudien bilden eingehende qualitative Untersuchungen über das Plankton. Mittels derselben ist festzustellen, welche Arten von Thieren und Pflanzen im freien Wasser des zu untersuchenden Meeresgebietes über-

[1]) K. Brandt, Ueber das Stettiner Haff. Wiss. Meeresuntersuch. N. F. 1. Bd. Heft 2. Kiel u. Leipzig 1896. S. 130.

[2]) Es sei übrigens bemerkt, dass die Feststellung der Produktion auf dem Festlande, ja sogar auf dem Ackerboden, wo doch die Verhältnisse so klar und übersichtlich zu liegen scheinen, ebenfalls nur innerhalb gewisser Fehlergrenzen, die noch nicht ganz sicher bestimmt sind, möglich ist. So wird der Ernteertrag an Roggen (-Körnern) im Verhältniss zur Fläche des deutschen Reichs nach der älteren Schätzungsmethode für das Jahr 1898 zu 12,7, nach der neueren Methode zu 15,2 Doppelcentner pro Hektar angegeben (Statist. Jahrb. f. d. Deutsche Reich 21. Jahrg. 1900). Das macht einen Unterschied von rund 20 %. Der Körnerertrag aber repräsentirt nur einen Theil des wirklichen Ertrages der mit Roggen bestellten Aecker Deutschlands, denn zur Produktion gehört auch das Stroh, dessen Menge sehr verschieden sein kann, die Wurzeln des Roggens, die im Boden bleiben, das Unkraut, der Verlust durch Thierfrass, Pflanzenkrankheiten u. s. w. Bezüglich der Statistik über den Fangertrag der Seefischerei liegen allem Anschein nach die Verhältnisse noch sehr viel ungünstiger als für den Ackerboden. Es wäre aber verkehrt, wenn man ganz auf die Statistik bezüglich der Grösse des Ertrages verzichten wollte.

haupt vorkommen. Eine nähere Untersuchung der planmässig ausgeführten Fänge giebt Aufschlüsse über die horizontale und vertikale Verbreitung der einzelnen Arten von Planktonorganismen und damit auch Anhaltspunkte für die Erforschung der Abhängigkeit dieser Lebewesen von verschiedenen biologischen Faktoren (Einfluss von Wasserbewegung, Licht, Temperatur, Salzgehalt, Gehalt an gelösten Nährstoffen, Einfluss der Vorgänge bei der Fortpflanzung auf die vertikale und horizontale Verbreitung u. s. w.). Ein Vergleich der bei den verschiedenen Fahrten eines Jahres gewonnenen Ergebnisse zeigt die Periodicität des Auftretens vieler Planktonorganismen. Genauere Untersuchungen müssen ergeben, ob es sich im einzelnen Falle um periodisches Entwickeln von Standformen handelt oder aber um zeitweiliges Heranschwemmen von Gästen. Es ist von grosser Wichtigkeit für die Erkenntniss des Verlaufes der Meeresströmungen die echten Leitformen, die an Wasser von ganz bestimmter Beschaffenheit gebunden sind, festzustellen.

b) Quantitative Planktonuntersuchungen. Um die verschiedene Ertragsfähigkeit der einzelnen Gebiete vergleichen zu können, ist es nöthig, so genau wie irgend möglich festzustellen, was und wieviel an kleineren Planktonorganismen in einem bestimmten Gebiet und zu bestimmter Zeit vorhanden ist. Alles was bei einem Vertikalzug mit einem äusserst feinmaschigen Netz, bei welchem Filtrationsgrösse und Verdrängungsverlust ermittelt sind, zurückbleibt, oder — allgemeiner ausgedrückt — alles was bei einer möglichst vollständigen Durchfiltrirung einer bekannten Wassersäule vom Grunde (oder doch von der unteren Grenze der Produktion ab) bis zur Oberfläche erhalten wird, muss der Art nach bestimmt werden. Zugleich wird durch Zählung ermittelt, wieviel von den einzelnen Arten in jedem Fange vorhanden ist. Nur durch zahlenmässige Feststellung kann das wichtige Verhältniss von Nahrungs-Produzenten und Konsumenten in verschiedenen Gebieten ermittelt werden. Ohne Zählungen ist ein weiteres Eingehen auf die Ertragsfähigkeit des Wassers und auf den Stoffwechsel im Meere unmöglich. Endlich hat eine chemische Untersuchung nur dann wissenschaftlichen Werth, wenn entsprechende Fänge gezählt werden, wenn man also so genau wie möglich feststellt, was man der chemischen Analyse unterwirft.

Für chemische Plankton-Untersuchungen kommen erstens ganze Planktonfänge in Betracht. Es muss in allen Fällen das Trockengewicht, der Gehalt an Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff, an Fett, Asche, an Chlor und Kieselsäure ermittelt werden. Zweitens ist es von Wichtigkeit auch die chemische Zusammensetzung von einzelnen wichtigen Planktonkomponenten, z. B. von gewissen massenhaft auftretenden Arten der Diatomeen, der Peridineen, der Copepoden u. s. w. in derselben Weise gründlich zu untersuchen. Man erhält so ein Maass für den Werth der gezählten Organismen.

Ergänzende Untersuchungen über das Plankton bestehen einerseits in der Feststellung des Vermehrungsfusses für die wichtigsten Planktonorganismen (also in der Ermittlung der Schnelligkeit und Stärke der Fortpflanzung, der Wachsthumsgeschwindigkeit u. s. w.), andrerseits in der Feststellung der Zehrung (Nahrungsbedürfniss der gemeinen Planktonthiere, besonders auch Verbrauch des Planktons durch Fische und andre Nutzthiere).

2. Untersuchung der Grundproben und der Bodenbesiedlung.

I. Grundproben.

Die Entnahme wie auch die Verarbeitung wird für die verschiedenen Zwecke am besten getrennt ausgeführt, nämlich einerseits für die Zwecke der Hydrographen, andererseits für diejenigen der Biologen.

1. Bei jeder Lothung wird mittels der Bodensonde eine Säule des Bodenmaterials ausgestanzt, welche die Schichtung und die allgemeine Beschaffenheit der Ablagerungen zeigt. Dieses Material wird von den Hydrographen zur kartographischen Darstellung des Meeresgrundes verwerthet. Von vorwiegend ozeanographischem Interesse sind auch mineralogisch-petrographische und geologische Untersuchungen des Bodens. Um für diese Zwecke nöthigenfalls grössere Mengen von Material zu erhalten, ist zu empfehlen, das beim Dredgen heraufgeholte Bodenmaterial zu verwenden und ausserdem eventuell die von Apstein auf der Deutschen Tiefsee-Expedition angewandten Schlammröhren an verschiedenen Schleppgeräthen für diesen Zweck anzubringen.
2. Ausserdem ist für allgemeine biologische Untersuchungen die Entnahme zahlreicher kleiner Bodenproben in verschiedenen Gebieten von grosser Wichtigkeit. Diese Bodenproben sind gründlichen zoologisch-botanischen, bakteriologischen, physikalischen und chemischen Analysen zu unterwerfen.

Dadurch, dass die bei den genannten Bodenuntersuchungen gewonnenen Resultate unter einander und mit den Untersuchungen über Art und Stärke der Besiedlung des Meeresgrundes mit Pflanzen und Thieren, ferner mit den Plankton-Untersuchungen (namentlich den quantitativen und den chemischen) und endlich auch mit den Untersuchungen über die im Meerwasser gelösten Nährstoffe und Gase in Beziehung gebracht werden, wird man ein Verständniss des Stoffwechsels im Meere gewinnen.

Alle 4 Untersuchungen lassen sich nach einander an derselben Bodenprobe ausführen und erfordern nur wenig Material. Selbst für die physikalischen und chemischen Untersuchungen reichen 50—100 gr lufttrocknes Bodenmaterial aus. Die Beschaffung dieses Materials kann theils mittels der Bodensonde, theils mittels der Grundzange, theils endlich unter Anwendung der vorher erwähnten Schlammröhren, die an Schleppgeräthen angebracht werden, geschehen.

Für die Zwecke der bakteriologischen und der zoologisch-botanischen Untersuchungen sind an Bord unter günstigen Umständen bestimmte Arbeiten an dem frisch heraufgeholten Material auszuführen. Die weitere Verarbeitung am Lande geschieht am besten unter Verwendung der von den Landwirthen begründeten bakteriologischen, physikalischen und chemischen Methoden der Bodenuntersuchung und in Anlehnung an die neuesten Forschungsresultate bezüglich des Ackerbodens.

a) In zoologisch-botanischer Hinsicht kommt zunächst eine mikroskopische Untersuchung des frischen Bodenmaterials in Betracht. Es handelt sich um Feststellung der auf und im Schlamm lebenden Organismen (wie Amöben, Infusorien, Foraminiferen und ganz besonders

von Diatomeen), möglichst auch nach dem Grade ihrer Häufigkeit. Später werden in dem getrockneten Material noch die vorhandenen Kalkgehäuse und Kieselpanzer von Bodenthieren wie auch von Planktonorganismen bestimmt. Dabei ist der Grad der Zerstörung festzustellen.

b) Ebenfalls an ganz frischem Material ist die bakteriologische Untersuchung in Angriff zu nehmen, am besten in der Weise, dass man geringe Mengen der aseptisch entnommenen Bodenproben in sterilisirte Nährlösungen bringt.

Untersuchungen über die Lebensthätigkeit der verschiedenen Arten von Meeresbakterien werden wichtige Aufschlüsse über die chemischen Umsetzungen, denen die Nährsalze im Wasser unterliegen, geben. Diese Umsetzungen werden wahrscheinlich in viel stärkerem Grade, als man jetzt noch annimmt, durch biologische Prozesse, durch die Lebensthätigkeit von verschiedenen Bakterien, bedingt sein. Ausser den vorhin näher berücksichtigten Stickstoffbakterien müssten auch die Schwefelbakterien und die zahllosen gewöhnlichen Fäulnissbakterien des Meeres studirt werden. Es liegen ferner Gründe für die Annahme vor, dass nicht bloss die Kalkschalen verschiedener Organismen, sondern auch die zu Grunde gesunkenen Kielpanzer der Diatomeen, der Radiolarien u. s. w. einer Auflösung bezw. Vergallertung durch ganz bestimmte Bakterien unterliegen. Es erscheint mir endlich in hohem Grade wahrscheinlich, dass die Bakterien auch an der Aufschliessung der im Bodenmaterial befindlichen Silikate stark betheiligt sind.

Ausser den Bakterien des Meeresbodens sind aber auch diejenigen des freien Wassers näher zu untersuchen.

Zwar liegen in Bezug auf Keimzahl und z. Th. auch bezüglich der Artunterschiede dieser Bakterien schon Untersuchungen aus verschiedenen Meeresgebieten vor, doch sind die Meeresbakterien in Bezug auf ihren Stoffwechsel und auf ihre Bedeutung für den Kreislauf des Stoffes im Meere noch sehr wenig bekannt.

In engstem Zusammenhang mit den Bakterien-Untersuchungen steht die Feststellung der im Meerwasser gelösten Nährsubstanzen für die Pflanzen, ganz besonders der Stickstoffverbindungen und der anderen nur in Spuren vorkommenden anorganischen Pflanzennährstoffe.

c) Für die physikalische Untersuchung sind in den letzten Jahren durch Rodewald und Mitscherlich [1]) exakte Methoden begründet worden. Das Material wird getrocknet und dann entweder auf den Grad der Hygroskopicität oder auf denjenigen der Benetzungswärme untersucht. Der Zusammenhang zwischen Benetzungswärme und Hygroskopicität ist durch die genannten Untersuchungen in exakter Weise gegeben worden. Dieser Werth ist der Gesammtoberfläche der Theilchen proportional, und zwar der inneren und der äusseren Oberfläche zusammen. Wie gross die innere Oberfläche bei quellungsfähigen Körpern ist, wird dadurch ermittelt, dass man die Benetzungswärme einerseits unter Wasser und andererseits unter Toluol feststellt.

[1]) Alfred Mitscherlich, Untersuchungen über die physikalischen Bodeneigenschaften (Habilitationsschrift Kiel 1901), Landwirthsch. Jahrbücher.

Für den Physiker wird der Werth der Benetzungswärme als zustandsbestimmende Grösse für das Verhalten des Bodens gegen Wasser dadurch verständlich, dass die Benetzungswärme die freie Energie (nach Helmholtz) für den Vorgang repräsentirt. Da, wie erwähnt, die Benetzungswärme der Oberfläche proportional ist, so leuchtet es auch für den Biologen ein, dass ihre Bestimmung von Nutzen sein muss; denn mit der Grösse der Oberfläche steigern sich die Angriffspunkte der Atmosphärilien sowohl als auch der lebenden Organismen, seien es nun Thiere oder chlorophyllführende Pflanzen oder Bakterien. Da jetzt durch die Bestimmung der Benetzungswärme eine Grösse gewonnen werden kann, die den physikalischen Zustand des Bodens und sein Verhalten gegen Wasser genau bestimmt, so ist von der umständlichen und unzuverlässigen Schlemmanalyse abzurathen.

d) Planmässig ausgeführte quantitativ-chemische Untersuchungen könnten zum kleineren Theil als vollständige chemische Bodenanalysen ausgeführt werden; grösstentheils aber könnten sie sich auf die Bestimmung der hauptsächlichsten Pflanzennährstoffe (Kali, Kalk, Phosphorsäure, Stickstoff) sowie auf die Bestimmung von Kohlenstoff, Glühverlust u. s. w. beschränken. Auch diese Untersuchungen können am zweckmässigsten unter Benutzung der von den Agrikulturchemikern ausgebildeten Methoden stattfinden.

II. Besiedelung des Meeresbodens.

Makroskopisches Untersuchungsmaterial kann theils durch Dredgen und andere Schleppgeräthe, theils auch mittels verschiedener Reusen, ähnlich den von dem Fürsten von Monaco eingeführten, gewonnen werden.

Ziele der Untersuchung sind

1. systematische Untersuchung der am Meeresboden lebenden Thiere und Pflanzen,
2. Feststellung der relativen Dichtigkeit des Vorkommens der häufigeren Arten,
3. Ermittlung der Abhängigkeit der Organismen von der Bodenbeschaffenheit und von anderen Lebensbedingungen (Verkümmerung, Lokalformen u. s. w.).

Von ferneren Zielen sind noch besonders hervorzuheben:

4. Feststellung der Beziehungen der Organismen zu einander und ihrer gegenseitigen Abhängigkeit. Dahin gehört auch die Untersuchung der Nahrung der gemeinen Bodenthiere.
5. Untersuchungen über die Fortpflanzungszeit und die Zahl der von den einzelnen Arten pro Individuum producirten Nachkommenschaft.

Kiel, November 1901.

Altersbestimmung durch Otolithen bei den Clupeiden.

Von

J. T. Jenkins.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE
LIBRARY
MASS.

Mit einer Tafel und zwei Figuren im Text.

1. Einleitung.

Diese Arbeit ist ein Beitrag zu der Naturgeschichte derjenigen Arten der Clupeiden, welche in der Nord- und Ostsee vorkommen, und ist in Sonderheit ein Versuch, das Wachsthum der Fische in verschiedenem Alter nach Beobachtungen über die Otolithen zu bestimmen. Ein Versuch ist ebenfalls gemacht worden zu bestimmen, in welchem Alter und bei welcher Grösse der Fisch gewöhnlich zuerst geschlechtsreif wird.

Die Arten, die ich behandelt habe, sind der Hering *(Clupea harengus)*, und zwar Herbst- und Frühjahrshering aus der westlichen Ostsee mit Berücksichtigung der Exemplare, die im Windebyer Noor, also in fast süssem Wasser, vorkommen; der Sprott *(Clupea sprattus)*; die Maifische *(Clupea alosa* und *finta)*; der Pilchard *(Clupea pilchardus)* und der Anchovis *(Engraulis encrasicholus)*. In allen Fällen ist der Fundort jedes Fisches auf den Tabellen angegeben. Meistens ist das Material in Kiel oder Hamburg beschafft und gehört daher der westlichen Ostsee oder östlichen Nordsee an. In einzelnen Fällen wurde es für nöthig befunden, Exemplare aus England kommen zu lassen.

Von den oben erwähnten Arten kommen *Clupea harengus, C. sprattus, C. alosa* und *C. finta,* und *Engraulis encrasicholus* in der Ostsee vor. In der Nordsee kommt noch *C. pilchardus* hinzu, tritt dort aber nur selten auf. Auch aus dem Kaiser Wilhelm-Kanal sind Heringe und Sprotten untersucht. Die Sprotten aus dem Kanal waren zum Theil beinahe geschlechtsreif, so dass sie wahrscheinlich dort laichen.

In zahlreichen Fällen sind Beobachtungen über die Verhältnisse der Geschlechtsorgane angestellt. Bei den Männchen wurde nur das Gewicht der Hoden festgestellt, bei den Weibchen wurde ausser dem Gewicht noch der Durchmesser der Eier und gelegentlich ihre Zahl berücksichtigt. Es ist eine wohlbekannte Thatsache, dass es nach dem ersten Jahre oder nach anderthalb Jahren in Wirklichkeit unmöglich ist, mit einiger Sicherheit das Alter des betreffenden Exemplars nach seiner Grösse zu bestimmen, das heisst nach seiner Länge allein oder nach Länge und Gewicht zusammen.

Die mittlere Länge irgend einer Art für ein bestimmtes Alter kann durch Messungen bestimmt werden. Gegen die Methode, Fische in einem Aquarium zu züchten und durch Messung das Wachsthum genau zu beobachten, können Einwände erhoben werden, da solche Fische unter anderen Bedingungen aufwachsen, als im Freien, und das erhaltene Resultat daher nicht auf freilebende Fische angewandt werden kann. Eine Methode, durch Messungen das Alter des erwachsenen Fisches zu ermitteln, ist von C. G. J. Petersen begründet worden.

Eine grössere Zahl von Fischen wird gefangen und gemessen, und das Datum des Fanges und die durchschnittliche Körpergrösse werden aufgezeichnet. Da die Laichzeit einer jeden Art bekannt ist, kann man das Alter eines jeden Fisches mit einiger Genauigkeit bestimmen. Petersen[1]) hat dabei gefunden, dass eine Anzahl gefangener Fische nach ihrer Grösse in wohl zu unterscheidende Gruppen zerfällt, und zwar so, dass eine Gruppe von einer bestimmten Grösse Individuen von bestimmtem Alter umfasst. Diese Methode ist in ausgedehntem Maasse von Petersen angewandt worden, aber nicht für die Clupeiden, sondern hauptsächlich für Pleuronectiden und Gadiden.

[1]) Report of the Danish Biological Station III. 1892. Ueber *Pleuronectes limanda, P. flesus, Gadus callarius, Anguilla vulgaris, Spinachia vulgaris;* und Report of the Danish Biological Station. IV. 1893. Pleuronectidæ. S. 16—26. Tabelle I—V.

Viele Versuche sind jedoch gemacht worden, das Alter durch solche Beobachtungen festzustellen, und die Litteratur, besonders die über den Hering, enthält zahlreiche Behauptungen, die auf solchen Beobachtungen aufgebaut sind. Diese Behauptungen sind, wie wohl zu erwarten, sehr von einander verschieden, und die Rückschlüsse auf nahe liegende Fragen, zum Beispiel auf das Alter der ersten Reife, sind in gleicher Weise verschieden.

Die Einführung eines neuen Faktors in die Altersbestimmung verdanken wir Reibisch[1]), welcher nachweist, dass es möglich ist, bei *Platessa* nach den Otolithen das Alter des Fisches zu bestimmen.

In dieser Arbeit hat er nachgewiesen, dass der Otolith an Umfang wächst durch die schichtweise Ablagerung von kohlensaurem Kalk; diese Ablagerung ist aber das ganze Jahr hindurch nicht konstant, so dass zu verschiedenen Zeiten im Jahre das Verhältniss der organischen Substanz zum Kalk in den betreffenden Schichten wechselt, und zwar derart, dass der Otolith bei durchfallendem Licht konzentrische Ringe aufweist, die von abwechselnd dunkeln und hellen Schichten gebildet werden.

Die Deutlichkeit dieser konzentrischen Ringe variirt ziemlich bei den verschiedenen Fischarten, und von den in dieser Schrift behandelten Clupeiden sind die Ringe am wenigsten deutlich bei dem Hering selbst. Da die verschieden starke Ablagerung von Kalk mit einer gewissen Regelmässigkeit in den gleichen Jahreszeiten der einzelnen Jahre wiederkehrt, wird es möglich, aus Beobachtungen über diese Ringe in verschiedenen aufeinander folgenden Perioden auf das Alter des Fisches zu schliessen. Mit der Frage nach dem Alter des Fisches hängt die nach der ersten Laichzeit zusammen, die vom wissenschaftlichen und wirthschaftlichen Standpunkt aus gleich wichtig ist, und die Frage nach dem Zwischenraum zwischen zwei aufeinander folgenden Laichzeiten.

Obgleich die Beobachtungen über die Otolithen wohl für die Altersbestimmung am meisten maassgebend sind, dürfen doch andere Faktoren, die für die Altersbestimmung in Betracht kommen, nicht ausser Acht gelassen werden.

Dies sind die Länge und das Gewicht des Fisches und das Verhältniss der Geschlechtsorgane.

Die Bedeutung der Otolithen für die Systematik ist in dieser Arbeit nicht berücksichtigt, da erst ganz kürzlich eine Schrift über die systematische Bedeutung der Otolithen bei den Teleostiern von Fryd veröffentlicht ist[2]). Dennoch sind die Hauptunterschiede zwischen den auf der Tafel abgebildeten Otolithen der einzelnen Arten hier kurz erwähnt, um ihre Erkennung leichter zu ermöglichen. Es folgt eine Bestimmungstabelle für die Gattungen und Arten der Clupeiden, welche an den Küsten von Nordwest-Europa vorkommen und in dieser Arbeit behandelt sind.

---

2. Bestimmungstabelle der Clupeiden.[3])

Oberkinnlade vorspringend	*Engraulis.*
Zwischenkiefer sehr klein, Oberkiefer lang	
Verbindungsstelle der Kiemenhäute sehr kurz	*E. encrasicholus.*
Oberkinnlade nicht vorspringend	*Clupea.*
A. Deckel ohne strahlige Streifung	
mit kleinen Zähnen am Gaumen	
Untergattung Clupea	
Bauchflossen hinter dem Anfange der Rückenflosse: Pflugscharbein bezahnt	
Bauchflossen hinter dem Anfange der Rückenflosse: Bauchkante mässig zugespitzt	
Bauchflossen hinter dem Anfange der Rückenflosse: 8 oder 9 Strahlen in der Bauchflosse	*C. harengus.*

[1]) Ueber die Eizahl bei *Pleuronectes platessa* und die Altersbestimmung dieser Form aus den Otolithen. Wissensch. Meeresuntersuch. 1899. N. F. Bd. 4. Abthlg. Kiel. pp. 231—248. 1 Tafel.

[2]) C. Fryd, Die Otolithen der Fische in Bezug auf ihre Bedeutung für Systematik und Altersbestimmung. Dissertat. Kiel. 1901.

[3]) Nach Leunis-Ludwig. Synopsis. 1883, Bd. 1 S. 756—759, mit einigen Aenderungen.

Bauchflossen vor dem Anfange der Rückenflosse	Pflugscharbein zahnlos Bauchkante stark zugespitzt Nur 7 Strahlen in der Bauchflosse	*C. sprattus.*

B. Deckel mit strahliger Streifung
Gaumen zahnlos
Untergattung Alosa.

Mundspalte reicht bis unter den Vorderrand des Auges. Zwischen Bauchflosse und After 12—14 Kielschuppen		*C. pilchardus.*
Mundspalte reicht bis unter den Hinterrand des Auges	Innenfortsätze der Kiemenbogen lang und dünn; am ersten 60—120 Fortsätze	*C. alosa.*
Zwischen Bauchflosse und After 15—16 Kielschuppen	Innenfortsätze der Kiemenbogen kurz und dick; am ersten 20—45 Fortsätze	*C. finta.*

3. Methoden.

Messung der Gesammtlänge.

Die Messung der Gesammtlänge bei den Clupeiden, welche eine gegabelte Schwanzflosse haben, ist nicht so einfach, wie es beim ersten Anblick erscheint, und die Art und Weise, wie frühere Forscher die Gesammtlänge gemessen haben, hat viel Verwirrung angerichtet und wird auch künftig wohl noch viel anrichten. Bei den Fischen, welche wie die Pleuronectiden, eine ungegabelte Schwanzflosse besitzen, ist die Messung viel einfacher, denn es sind nur zwei Fälle möglich — entweder man misst bis zur Wurzel oder bis zur Spitze der Schwanzflosse. Die meisten Messungen bei Fischen mit ungegabelter Schwanzflosse gelten bis zur Spitze.

Petersen[1]) schreibt, bei Messungen von *Platessa:* „When nothing else is said, the length is always understood as the distance from the tip of the snout to the tip of the caudal fin".

Aber in demselben Werke räth er, — an der Stelle[2]), wo er eine gesetzmässige Fanggrösse für *Platessa* vorschlägt — alle Messungen bis zur Schwanzwurzel vorzunehmen, was praktischer ist, da die Schwanzflosse leicht einschrumpft. In der Regel hat Petersen bis zur Schwanzspitze gemessen. Duncker[3]) hat die Flunder „von der Schnauzenspitze bis zum Hinterende der Schwanzflosse" gemessen; und Reibisch hat dasselbe gethan. Fulton[4]) hat verschiedene Fischarten gemessen, und immer ist die Länge von der Schnauzenspitze bis zum Hinterende der Schwanzflosse angegeben. Doch behandelt die Arbeit Fische mit ungegabelter Schwanzflosse.

Also sind die Fische mit ungegabelter Schwanzflosse von den meisten Autoren bis zur Spitze der Schwanzflosse gemessen, und so hat man die Gesammtlänge erhalten. Bei Fischen mit gegabelter Schwanzflosse giebt es nicht weniger als vier Punkte, bis zu denen man die Gesammtlänge messen kann und gemessen hat.

1. Bis zum Anfang der Schwanzflosse.
2. Bis zum Ende des kürzesten Flossenstrahles, das heisst, bis zur Gabelung.
3. Bis zu dem Punkte, der das Ende der Schwanzflosse bildet, wenn man die beiden Theile der Schwanzflosse zur Deckung bringt.
4. Bis zum Schnittpunkte der Hauptachse mit einer Linie, die die beiden Schwanzspitzen verbindet.

[1]) op. cit. IV. 1893. p. 2.
[2]) op. cit. p. 79.
[3]) Variation und Asymmetrie bei *Pleuronectes flesus* L. Wiss. Meeresuntersuch. N. F. Bd. III. Abt. Helg. Heft 2. 1900.
[4]) The distribution of immature sea fish and their capture by various modes of fishing. Ann. Rep. Scots. Fish. Bd. Vol. 8. 1889. p. 161.

Als Anfangspunkt haben alle die Schnauzenspitze bei geschlossenem Maule gewählt. Die Frage, welche Strecke man als Gesammtlänge anzusehen hat, ist aber ganz besonders wichtig, da die Gesammtlänge von früheren Beobachtern als Maasseinheit gebraucht ist, mit der alle anderen Messungen am Körper verglichen wurden. Die Abweichungen, die bei dem Verhältniss der Länge der Körpertheile zu der Gesammtlänge vorkommen, sind von Heincke[1]) als hinreichender Grund angesehen worden, um verschiedene Rassen von Heringen zu unterscheiden, und jede Rasse wird charakterisirt durch eine bestimmte Zusammenstellung gewisser Merkmale, doch genügen solche Zusammenstellungen von Merkmalen nicht, um eine Bestimmung der einzelnen Heringsexemplare zu ermöglichen, weil solche Abweichungen der Körpertheile bei einem Heringe zu gross sind; sondern sie sind mit Sicherheit nur dann anzuwenden, wenn eine hinreichende Anzahl von Exemplaren der betreffenden Rasse untersucht ist.

Anderseits ist Matthews[2]), der ebenfalls seine Körpermessungen in Proportionen zur Gesammtlänge ausgedrückt hat, der Ansicht, dass die Abweichungen in den so erhaltenen Proportionen nicht hinreichend sind, um die Annahme verschiedener Heringsrassen auf diesen Grund allein hin zu rechtfertigen, nicht einmal in dem Falle, wenn eine grosse Anzahl Heringe von verschiedenen Fundorten untersucht sind.

Da nun diese Forscher verschiedene Gesammtlängen als Maass genommen haben, ist es unmöglich ihre Resultate mit derselben Genauigkeit zu vergleichen, als wenn sie dieselbe Gesammtlänge als Maass gebraucht hätten, und es ist zweifelhaft, ob die Verschiedenheit in den Schlussfolgerungen dieser Forscher nicht auf eine Verschiedenheit in den Messmethoden zurückzuführen ist.

Matthews hat die erste der obenerwähnten Methoden angewandt, das heisst, er hat bis zur Wurzel der Schwanzflosse gemessen, Williamson[3]) die zweite, bei der Messung der Makrelen (Scomber scomber), Heincke die vierte, mit Einschluss der ganzen Schwanzflosse. Die Divergenz der Gabel der Schwanzflosse ist ein Faktor von grosser Wichtigkeit bei dieser Art der Messung. Heincke erwähnt die Lage der Schwanzflosse als in grösster natürlicher Ausbreitung befindlich. Zuerst wandte ich allein die Methode von Matthews an; auf der Tabelle sind diese Messungen mit Ausschluss der Schwanzflosse durch die Buchstaben A B bezeichnet. Später machte ich drei Messungen im ganzen an jedem Exemplar; die erste A B wie oben, die zweite bis zur Gabelung der Schwanzflosse (A C auf der Tabelle), und die dritte, wie Heincke, mit Einschluss der Schwanzflosse (A D auf der Tabelle).

Heincke hat oft die Länge ohne Schwanzflosse gemessen, aber das Resultat solcher Messungen als einen Theil der Gesammtlänge bezeichnet. Die Einwände gegen diese verschiedenen Methoden mögen noch kurz betrachtet werden.

Bei der ersten Sendung Heringe, welche ich gemessen habe, bemerkte ich, dass die Schwanzflosse in vielen Fällen unvollständig oder beschädigt war. Solche Beschädigungen rühren wahrscheinlich von der Art des Fanges her oder können vielleicht durch die Behandlung nach dem Fange verursacht sein; es wurde bemerkt, dass solche Verletzungen, die in einigen Fällen in der fast vollständigen Zerstörung der Schwanzflosse bestanden, häufiger beim Sprott als beim Hering vorkamen. Matthews[4]) hat gleichfalls in einzelnen Fällen solche Spuren von Beschädigungen gefunden. Heincke konnte auf zwei seiner Tabellen, nämlich CLXXVI und CLXXXVIII, die Gesammtlänge nicht messen, im ersten Falle bei 19 Exemplaren von 25, und im zweiten Falle bei jedem Exemplar, weil die Schwanzflosse beschädigt war.

Da dieses Hauptmaass versagte, musste Heincke seine Messungen nach Centimetern angeben und nicht als Proportionen, so dass die betreffenden Tabellen zum Zweck des Vergleichs mit andern unbrauchbar sind. Nach Matthews wurde ein grosser Unterschied in der wirklichen Länge der Schwanzflossenstrahlen gefunden, wenn man sie von ihren proximalen Enden maass, bei Heringen von beinahe derselben Länge und demselben Gewichte. Dieser Einwand hängt mit der Frage der Veränderlichkeit der Schwanzflosse zusammen, und wenn die Veränderlichkeit gross ist, so ist es selbstverständlich nicht rathsam, eine unbeständige Grösse in den Maassstab miteinzuschliessen. Wie Matthews zeigt, kann beim toten Fisch

[1]) Naturgeschichte des Herings. Berlin 1898.

[2]) Report as to the Variety among the Herrings of the Scottish coasts. IV and V Ann. Rep. Scots. Fish. Bd. 1885 und 1886. IV. S. 61—98, V. S. 295—316.

[3]) 18 th. Ann. Rep. Scots. Fish. Bd.

[4]) op. cit. p. 62.

die Lage der Schwanzflossenlappen ziemlich verschieden sein, und die Annahme, dass solche Abwechselung natürlich der verschiedenen Art der Muskelcontraktion nach dem Tode unterworfen ist, bedarf keiner weiteren Begründung. Hieraus folgt eine beträchtliche Verschiedenheit bei der Messung der Gesammtlänge, ein Maximum von 10 Millimetern — dann wenn die Lappen der Schwanzflosse so genähert sind, dass sie mit dem übrigen Körper eine gerade Linie bilden — im Gegensatz zu dem Minimum, wenn die Lappen auseinander gespreizt sind.

Das Maximum ist wahrscheinlich von Matthews zu hoch angegeben, jedenfalls für die Ostsee-Heringe, obwohl es für den grösseren schottischen Hering zutreffen mag. Für den ersteren glaube ich, beträgt der Unterschied nicht mehr als 5 mm, wenn man die Gesammtlänge zweier Heringe misst, die in Wirklichkeit gleich lang sind. Die Thatsache, dass Heincke die Gesammtlänge gemessen hat[1]), wenn die Schwanzflosse sich in grösster natürlicher Ausbreitung befindet, beseitigt diese Schwierigkeit nicht, da verschiedene Forscher verschiedene Vorstellungen davon haben, was die grösste natürliche Ausbreitung ist.

Die Ausbreitung der Schwanzflossenlappen hängt zusammen mit der Veränderlichkeit der Schwanzflosse, und solche Veränderlichkeit, wie sie von verschiedenen Forschern angegeben wird, ist wahrscheinlich zum Theil einer grösseren oder kleineren Ausbreitung der Flossenlappen zuzuschreiben. Diese Veränderlichkeit der Schwanzflosse ist, wie in Matthews' Tabellen[2]) zu sehen, recht gross. Bei 8 Heringen z. B., die 275 mm lang waren, betrug die Länge der Schwanzflosse allein 48 mm im Maximum, 31 mm im Minimum.

Da haben wir eine thatsächliche Differenz von 17 mm, obwohl nur 8 Exemplare gemessen sind; wenn man diese Abweichung in Verhältniss setzt mit der Gesammtlänge (A D), so ist es 6,2 %; oder die Veränderlichkeit der Länge der Schwanzflosse selbst beläuft sich auf 35,4 %.

Matthews beschloss wegen dieser Veränderlichkeit der Schwanzflosse, sie bei der Gesammtlänge wegzulassen. Der Haupteinwand dagegen, bei der Messung der Gesammtlänge ohne Schwanzflosse ist der, dass man keinen bestimmten Endpunkt hat. Matthews hat jedoch diesen Einwand entkräftet, indem er immer bis zum Ende der silbernen subepidermoïdalen Schicht maass, welche den Körper bedeckt; diese dehnt sich nämlich in der That bis zu dem Ende der Schwanzwirbel aus, die die Schwanzflosse stützen.

In der vorliegenden Arbeit ist das Maass von Matthews beständig angewandt, obwohl gelegentlich die anderen Längenmaasse, d. h. bis zur Gabelung und bis zum Ende der Schwanzflosse, angegeben sind, um einen Vergleich mit den Werken von Williamson und Heincke zu erleichtern. Meine Messungen sind in jedem Falle rund in Millimetern ausgedrückt, und natürlich sind alle Messungen in gerader Linie ausgeführt und nicht der Oberfläche des Körpers nach. Es ist vielleicht von Interesse die Proportionen zwischen A B und A D für Herbstheringe der westlichen Ostsee nach Heincke wiederzugeben.

Bei 30 Heringen von einer durchschnittlichen Gesammtlänge von 239 mm betrug die durchschnittliche Länge ohne Schwanzflosse 88 % der Länge mit Schwanzflosse. Das Verhältniss bei den einzelnen Heringen schwankte zwischen 86 und 89 %. Bei andern, und zwar bei 21 Heringen betrug die durchschnittliche Gesammtlänge 248 mm, die durchschnittliche Gesammtlänge ohne Schwanzflosse war 87,3 % der Länge einschliesslich der Schwanzflosse. Bei einzelnen Individuen unterlag dieses Verhältniss einer Schwankung von 85 bis 88 %.

Was das Gesammtgewicht anbelangt, so mag gesagt werden, dass sorgfältig darauf gesehen wurde, den Fisch in möglichst frischem Zustand zu wiegen. Immer wurde das Gewicht in Gramm angegeben und zwar abgerundet bis auf 0,1 Gramm.

Waren Fische in Alkohol aufbewahrt, so konnten keine Beobachtungen über das Gewicht angestellt werden.

Die Untersuchung der Otolithen.

Bei den Clupeiden ist es verhältnissmässig leicht, aus dem Gehörorgan auf jeder Seite zwei Otolithen herauszupräpariren, und zwar den vorderen grösseren — die Sagitta — und den kleineren hinteren Otolithen — den Asteriscus.

[1]) op. cit. vol. I. p. 74.
[2]) op. cit. IV. Rep. p. 169.

Da in den Schriften von Reibisch[1]) und Fryd[2]) nur der vordere grössere Otolith — die Sagitta — berücksichtigt ist, so hat man, wenn im folgenden der Ausdruck „Otolith" gebraucht ist, darunter die Sagitta zu verstehen.

Der Otolith setzt sich zusammen aus einer organischen Grundlage und aus amorphem kohlensauren Kalk, der sich in dieser Grundlage ablagert. Diese Ablagerung ist nicht ganz regelmässig, so dass wir abwechselnd helle und dunkle Streifen oder Ringe sehen, wenn die Otolithen bei durchfallendem (oder reflektirtem) Licht betrachtet werden. Gelegentlich ist der amorphe kohlensaure Kalk ersetzt durch feinen krystallinischen.

Reibisch erwähnt[3]), dass ihm bei nur zwei von 175 Platessamännchen, die er untersuchte, ein solcher Ersatz begegnete.

Beim Hering tritt ein solcher Ersatz häufiger auf, nämlich bei 3 % der Gesammtzahl der von mir untersuchten Exemplare. Niemals waren beide Otolithen abnorm gebaut. Nur in einem Falle war die Sagitta auf der einen, der linken Seite, merklich kleiner als auf der rechten, und war zweifellos abnorm. Längen-, Breiten- und Dickenmessungen von Otolithen giebt Koken[4]) in jedem Falle in runden 0,1 mm. Reibisch[5]) hat nur das Gewicht angegeben, und zwar das Durchschnittsgewicht beider Otolithen auf 0,5 mgr abgerundet. Er hat jedoch Otolithen behandelt, deren Durchschnittsgewicht je nach der Grösse der Exemplare bei den meisten zwischen 25 und 45 mgr, bei einzelnen sogar zwischen 15 und 80 mgr variirt.

In der vorliegenden Arbeit werden in jedem Falle Länge, Breite und Dicke der Otolithen angegeben und zwar die beiden ersten auf 0,5 mm und die Dicke auf 0,1 mm abgerundet. Manchmal scheint die Dicke grösser als gewöhnlich zu sein, weil der Otolith gebogen ist und man daher die wirkliche Dicke nicht ermitteln kann, ohne ihn zu zerstören.

Das Gewicht beider Otolithen bei den Clupeiden ist viel kleiner als bei Platessa und ist nicht angegeben.

Reibisch hat gezeigt, dass bei *Pleuronectes platessa* die Schichtenbildung in den Otolithen abhängig ist von den Temperaturen, unter denen ihre Ausbildung stattfindet, und zwar derart, dass die stärker kalkhaltigen und (bei durchfallendem Lichte) hell erscheinenden Schichten dann erzeugt werden, wenn der Fisch in warmem Wasser sich aufhält, während bei Aufenthalt in kälterem Wasser die sich bildende Schicht im Otolithen trübe (bei durchfallendem Licht) erscheint, wegen der spärlichen Einlagerung von kohlensaurem Kalk in die organische Grundsubstanz des Otolithen. Danach müsste man erwarten, das merkwürdige Problem der Saisonrassen von Clupeiden durch Untersuchung der Otolithen lösen zu können. Es müsste bei der Brut von Frühjahrsheringen ein heller Kern im Otolithen sich zeigen, bei den Abkömmlingen der Herbstheringe dagegen ein dunkler. Die Untersuchung wurde in erster Linie unternommen in der Hoffnung, auch an den erwachsenen Exemplaren nach dieser Methode bestimmen zu können, ob die betreffenden Individuen von Frühjahrs- oder Herbstlaichern abstammen. Diese Hoffnung erfüllte sich aber nicht. Bei beiden erscheint der innerste Kern hell bei durchfallendem Licht.

Dies ist der Fall bei allen Arten der Clupeiden und scheint ein Familienmerkmal zu sein, gerade wie die langgestreckte und eigenthümliche Form der Otolithen mit dem tiefen Einschnitt.

Allerdings habe ich die Otolithen von ganz jungen Exemplaren nicht vergleichend untersucht, sondern nur ein sehr jugendliches Exemplar des Herbstherings studirt.

Die Bestimmung des Geschlechtes.

In allen Fällen ausser bei wenigen kleineren Exemplaren, die in Alkohol conservirt waren und deren Fortpflanzungsorgane schlecht erhalten waren, wurde das Geschlecht bestimmt. In vielen Fällen wurde ebenfalls das Gewicht der Ovarien und Hoden ermittelt und auf 0.01 gr abgerundet, beim Weibchen

[1]) op. cit.
[2]) op. cit.
[3]) op. cit. p. 245.
[4]) Ueber Fisch-Otolithen, insbesondere über diejenigen der Norddeutschen Oligocän-Ablagerungen. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Ges. 1884. p. 527.
[5]) op. cit. p. 245.

wurde der Durchmesser der einzelnen Eier, wie sie in Kochsalzlösung (0,75 %) gemessen waren, angegeben. Der Durchmesser der Eier ist bis auf 10 μ abgerundet. Bei den Weibchen, welche wahrscheinlich während der nächsten Laichzeit gelaicht hätten, wurden grosse und kleine Eier gefunden. (Vide Tab. S. 92 und 93).

Die grossen Eier zeigen schon den Dotter entwickelt und sind deshalb leicht von den kleineren Eiern zu unterscheiden, in denen noch kein Dotter vorhanden ist, und die daher durchsichtig sind. Diese kleineren bleiben also noch bis zur übernächsten Laichzeit im Ovarium. Diese verschiedene Grösse der Eier ist in den Tabellen durch die Buchstaben G und K bezeichnet. Bei sehr jungen oder unreifen Fischen ist es unmöglich, die Eier in zwei wohlzuerkennende Gruppen einzutheilen. Diese Scheidung der Eier in zwei deutlich markirte Gruppen stimmt mit den Beobachtungen Reibisch's[1] über *Platessa* überein.

Scharff[2] schreibt mit Bezug auf die noch im Ovarium befindlichen Eier von Knochenfischen, dass ein Ovarium nur Eier von einer Grösse enthält; wahrscheinlich hat er die kleineren durchsichtigen Eier übersehen.

Eizahl.

Bei der Zählung der grösseren dotterhaltigen Eier, das heisst solcher Eier, welche erst in der nächsten Laichzeit abgelegt worden wären, wurde Fulton's[3] Methode angewandt. Diese Methode ist weit umständlicher als die Methode der Planktonzählung, aber sie ist nach meiner Ansicht möglicherweise genauer als die letztere. Es lässt sich darüber streiten, ob der Vortheil der grösseren Genauigkeit nicht durch den Zeitaufwand aufgehoben wird. Die Methode von Fulton ist von früheren Schriftstellern benutzt worden, so von Harmer[4], Bloch[5] und andern. Wenn man beim Hering mit geringer Sorgfalt zählt, so ist ein kleiner Fehler weit bedenklicher als bei *Platessa*, die ungefähr 10 mal so viel Eier hat.

Die Methode des Zählens war folgende.

Erst waren die Ovarien bis auf 0,01 gr gewogen. Eine Anzahl von Eiern wurde von verschiedenen Theilen des Ovariums genommen und gewogen, und dann ca. 10 bis 15 Minuten gekocht. Darauf wurden die Eier auf einen Objektträger ausgebreitet und sorgfältig gezählt. Dann wurde die Gesammtzahl der Eier nach diesen Proben berechnet. Obgleich laichende Heringe in fast jedem Monat des Jahres gefangen werden, scheint es zwei Perioden — im Herbst und im Frühjahr — zu geben, in denen die laichenden Heringe am meisten gefunden werden. Es wird von vielen Forschern als sicher angesehen, dass die Heringe, die im Frühjahr laichen, zu einer anderen Rasse gehören als die, welche im Herbst laichen, aber noch ist nicht ein einziges oder gar mehrere Merkmale gefunden, welche jedes einzelne Exemplar als zu der einen oder der anderen Rasse gehörig erkennen liesse.

---

4. Spezieller Theil.

a. Der Hering, *Clupea harengus*.

Laichzeiten.

Die Thatsache, dass der Hering in fast jedem Monat des Jahres laicht, hat die Altersbestimmung bei ihm noch mehr erschwert als bei den anderen Arten der Clupeiden. Die Frage, ob der Hering mehr als einmal im Jahre laicht, muss nach meiner Ansicht mit „Nein" beantwortet werden. Diese Antwort müssen wir erwarten, wenn wir vergleichen, was über andere Fische bekannt ist. Heincke[6] hebt hervor, dass man niemals auf derselben Stelle zweimal im Jahre Laich findet, was der Fall sein würde, wenn der Hering zweimal im Jahre laichte.

---

[1] op. cit. Tab. I.
[2] on the intraovarian Egg of some osseous Fishes. Quart. Journ. Micr. Sci. Vol. XXVIII. N. S. 1888.
[3] The Comparative Fecundity of sea Fishes. 9 th. Ann. Rep. Scots. Fish. Bd. 1891. III. S. 243—268.
[4] Phil. Trans. Roy. Soc. London. 1768. vol. VII. pt. I. p. 283.
[5] Ichthyologie ou histoire naturelle générale et particulière des poissons. 1785.
[6] Op. cit. Text. p. 47.

Cunningham[1]) widerspricht dem; er sagt, dass zwei Laichperioden unzweifelhaft in derselben Gegend beobachtet sind.

Matthews[2]) tritt energisch für die Ansicht ein, dass ein und derselbe Hering zweimal im Jahre an der Westküste von Schottland laicht. Er glaubt, dass die Heringe, welche in Ballantrae im Februar und März laichen, und diejenigen, welche auf der Höhe von Campeltown im Frühling laichen und in den Loch Fyne als abgelaichte Heringe im Sommer hineinschwimmen, dort reif werden und wiederum im Herbst von August bis Ende October laichen.

Im krassen Gegensatz zu der Meinung von Matthews stehen die skandinavischen[3]) und dänischen Forscher, die der Ansicht sind, dass die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Laichperioden beim Hering ein Jahr überschreitet, in welchem Falle der Frühlingshering des ersten Jahres der Herbsthering des zweiten Jahres sein würde, und so weiter. Diese Behauptung wird von Heincke energisch bestritten. Er meint, wenn der Zwischenraum länger als ein Jahr wäre, würden wir gleiche Mengen von reifen Heringen zu allen Jahreszeiten finden. Diese Behauptung trifft aber nur auf die Zeit zwischen 1 Jahr und 1 1/2 Jahre zu; wäre jedoch die Zwischenzeit anderthalb Jahre, so würden wir gerade zwei Hauptlaichzeiten — im Herbst und im Frühling — haben. Obgleich mir daher Heincke's Einwand nicht sehr gewichtig erscheint, so wird man durch einen anderen näherliegenden Grund veranlasst, einen Zwischenraum von einem Jahre zwischen zwei Laichzeiten anzunehmen, nämlich deshalb, weil es bei fast allen anderen Fischen so der Fall ist.

Die in dieser Schrift behandelten Heringe entstammten meist der westlichen Ostsee, sowohl Frühjahrs- wie Herbstheringe.

Nach Möbius und Heincke[4]) laicht der Frühjahrshering im April und Mai, selten beginnt die Laichzeit schon Ende März und dauert selten bis Anfang Juni. Der Herbsthering laicht im Hochsommer, Herbst und Winter, (August bis Februar). Daher werden reife oder beinahe reife oder abgelaichte Heringe zu allen Jahreszeiten in der westlichen Ostsee gefunden.

Eine nähere Betrachtung der folgenden Tabelle bestätigt dies.

Auf der folgenden Tabelle sind Gewichtsbestimmungen der Geschlechtsorgane zusammengestellt, und bei den Weibchen ist ausserdem noch der Durchmesser der Eier angegeben in Verbindung mit dem Versuche Alter und Grösse zu bestimmen, bei der der Hering zuerst reif wird. Diese Messungen sind mit möglichst grosser Genauigkeit ausgeführt worden, denn die Angaben früherer Beobachter über die Geschlechtsorgane sind sehr ungenügend. Matthews[5]) zum Beispiel gebraucht sechs Ausdrücke, um die verschiedene Grösse der Geschlechtsorgane zu bezeichnen: „Ripe", „Threequarters ripe", „Half-ripe", „Quarter-ripe", „Spent", „Immature".

Die Wahl dieser Stadien und ihre Bezeichnung genügt natürlich für wissenschaftliche Beobachtungen nicht. Denn zum Beispiel sind „Threequarters-ripe", „Half-ripe" und „Quarter-ripe" nicht zugleich auch immature?

Für spätere Forscher ist es unmöglich genau zu erkennen, welche Stadien Matthews mit den Bezeichnungen „Ripe" u. s. w. gemeint hat, und bei den Männchen werden besondere Schwierigkeiten entstehen.

In ähnlicher Weise giebt Heincke[6]) sieben Stadien an, in die er die einzelnen Fische nach der Entwicklung ihrer Geschlechtsorgane einordnet. Immerhin ist diese Klassifikation besser als die von Matthews. Er giebt den einzelnen Stadien nicht irreführende Namen, sondern er giebt eine bestimmte Länge und Dicke für die Geschlechtsorgane, die sich in den verschiedenen Stadien befinden, ferner das

[1]) The Natural History of the Marketable Marine Fishes of the British Islands. London 1896. S. 151.

[2]) Fourth Ann. Rep. Scots. Fish. Bd. p. 51.

[3]) Trybom. Sillundersökningar vid Sveriges Vestkust. Hösten 1888. Berättelse till Kongl. Civildepartementet. Stockholm 1889. p. 12. Smitt. Om sillrasernas betydelse. Bihang till K. Svenska Vet.-Akad. Handlingar. Band 14. Afd. IV. No. 12. Stockholm. 1888. S. 13.

[4]) Die Fische der Ostsee. Berlin, 1883. p. 137.

[5]) Report as to Variety among the Herrings of the Scottish coasts. Part I. Fourth Annual Report Scots. Fish. Bd. 1885, p. 93.

[6]) op. cit. I. Tabellen und Tafeln. S. VII.

Verhältniss der Geschlechtsorgane zum Körpergewicht. So können spätere Forscher seine Resultate genau vergleichen. Besser würde seine Tabelle noch sein, wenn bei den Weibchen noch der Durchmesser der Eier in den einzelnen Stadien festgestellt worden wäre. Ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass bei jedem Exemplar die Fortpflanzungsorgane circa $^3/_4$ Jahre klein bleiben, und dass dann, wenn das Wachsthum beginnt — ein paar Monate vor der Laichzeit — es sehr rasch fortschreitet. Aus den Tabellen sieht man, dass reife Heringe in beinahe allen Monaten des Jahres hindurch gefunden werden oder doch solche, die sehr grosse wohlentwickelte Geschlechtsorgane aufweisen, so dass sie offenbar dicht vor der Laichzeit stehen. Sprott jedoch mit wohlentwickelten Geschlechtsorganen habe ich nur im Frühjahr gefunden.

Clupea harengus ♂.

Gewicht der Geschlechtsorgane.

Nr.	Datum	Länge AB.	Gesammt-Gewicht	Gewicht beider Hoden	Bemerkungen	Nr.	Datum	Länge AB.	Gesammt-Gewicht	Gewicht beider Hoden	Bemerkungen
107	17. X. 00	179	63,6	5,08	Kieler Hering	160		193	73,8	5,30	Kieler Hering beinahe reif
109		185	66,7	0,38	„ „	161		193	81,1	4,96	„ „ „ „
116	19. X. 00	204	102,2	11,62	„ „	162		198	86,0	13,17	„ „ reif
117		198	81,3	1,03	„ „	163		185	63,7	0,21	
118		190	71,8	0,88	„ „	167	1. XI. 00	180	64,0	0,78	Eckernförder Hering
121		183	61,1	2,32	„ „	171		187	63,7	2,04	„ „
122		190	65,2	0,60	„ „	174		183	57,1	7,62	„ „
123		188	66,7	0,71	„ „	176	7. XI. 00	200	98,5	9,02	Kieler Hering
127		168	54,1	0,26	„ „	180		201	92,5	5,67	„ „
130	23. X. 00	189	59,6	0,58	„ „ Magen leer	181		210	84,1	0,70	„ „ abgelaicht
137		158	37,2	0,20	„ „ abgelaicht	182		199	84,1	7,45	„ „ beinahe reif
138		148	32,7	0,27	„ „ „	185	12. XI. 00	183	67,3	1,92	„ „
143		157	36,5	0,41	„ „ „	186		188	67,1	0,30	„ „
149	26. X. 00	178	48,7	0,43	„ „ „	187		174	58,7	0,24	„ „
150		178	50,3	0,33	„ „ „	188		176	63,0	3,98	„ „ halb reif
151		178	54,6	0,57	„ „ „	189		184	61,9	0,27	„ „
152		172	50,3	0,34	„ „ „	190		181	55,2	0,39	„ „
155	30. X. 00	211	109,2	9,14	„ „ beinahe reif	191		175	63,7	6,48	„ „ beinahe reif
156		200	81,5	5,79	„ „ „ „	192		187	56,9	0,47	„ „ abgelaicht
158		194	75,8	1,52	„ „ halb reif	193		178	60,0	7,22	„ „ beinahe reif

Nr.	Datum	Länge AB.	Länge AD.	Gesammt-Gewicht	Gewicht beider Hoden	Bemerkungen	Nr.	Datum	Länge AB.	Länge AD.	Gesammt-Gewicht	Gewicht beider Hoden	Bemerkungen
197	16. XI. 00	201	—	78,2	5,79	Kieler Hering, beinahe reif	255		149	173	35,6	0,15	Kieler Hering
200		194	—	72,2	3,75	„ „ „ „	282	25. IV. 01	198	229	81,0	11,39	„ „ reif
217	5. XII. 00	151	177	34,7	0,03	„ „	284		210	241	78,2	1,03	„ „
218		158	185	37,4	0,18	„ „	285		201	234	68,8	0,92	„ „
219		160	186	38,9	0,05	„ „	287		199	229	74,9	8,84	„ „
220		166	194	45,2	1,39	„ „	288	6. V. 01	120	139	16,5	1,04	Windeby, halb reif
221		172	200	51,7	3,44	„ „ halb reif	292		117	138	15,9	0,82	„ „ „
251	15. I. 01	204	235	92,5	12,44	„ „ reif	299	7. V. 01	195	223	77,7	10,50	Kieler Hering, reif
252		201	231	91,2	14,15	„ „ „	300		212	244	99,5	14,00	„ „ „
253		192	213	71,0	11,79	„ „ „	303		223	256	105,9	16,85	„ „ „

Clupea harengus ♀.

Nr.	Datum	Länge AB.	Gesammt-Gewicht	Gewicht beider Ovarien	Durchmesser der Eier G.	Durchmesser der Eier K.	Bemerkungen
105	16. X. 00	192	70,5	0,53			Kieler Hering
108	17. X. 00	179	60,0	0,63			„ „
119	19. X. 00	175	58,6	0,25			„ „
120		195	68,8	0,40			„ „
124	20. X. 00	190	74,7	8.62			„ „
125		175	60,4	0,21			„ „
126		171	55,3	0,51			„ „
128		174	56,5	1,11	0,26—0,45		„ „
129	23. X. 00	175	49,7	1,36	0,45—0,63	0,07—0,16	„ „
131		166	39,4	0,38			„ „
132		164	42,4	0,42			„ „
133		137	24,6	0,09			„ „
134		168	42,9	0,43		0,1 —0,18	„ „ abgelaicht
135		160	40,8	3,21	0,7 —0.8		„ „ beinahe reif
139		150	38,5	4,10	0,8 —0,85	0,1 —0,15	„ „ „ „
140		144	34,7	4,57	0,95—1,0	0,12—0,17	„ „ „ „
147		145	33,9	3.47	0,87—0,92	0,12—0,17	„ „ „ „
157	30. X. 00	198	73,2	0,77	1,25	0,12—0,19	„ „ abgelaicht
159		203	89,3	2,36	0,6 —1,05	0,07—0,18	„ „ beinahe reif
166	1. XI. 00	198	76,7	2,36	0,38—0,47	0,09—0,12	Eckernförder Hering, halb reif
168		192	74,0	1,32	0,36—0,4	0,14—0,18	„ „ „ „
169		201	96,7	5,32	0,59—0,66	0,1 —0,16	„ „ „ „
170		189	74,0	2,30	0,38—0,47	0,07—0,14	„ „ „ „
172		187	61,7	0,59	1,25	0,07—0,18	„ „ abgelaicht
173		189	68,7	0,90	0,32—0,39	0,09—0,18	„ „
175	7. XI. 00	215	119,0	6,96	0,66—0,72	0,07—0,16	Kieler Hering
177		205	101,3	3,41	0,39—0,45	0,09—0,16	„ „
178		189	75,2	1,82	0,34—0,4	0,09—0,14	„ „
179		204	90,0	0,67	—	—	„ „ abgelaicht
183		204	93,5	3,95	0,45—0,54	0,11—0,18	„ „
184		191	77,1	3,59	0,47—0,59	0,09—0,18	„ „
195	16. XI. 00	199	80,1	2,03	0,32—0,4	0,07—0,16	„ „
196		200	75,1	2,95	0,52—0,61	0,07—0,18	„ „
198		177	56,1	0,22	—	0,11—0,21	„ „
199		188	64,3	0,85	0,27—0,37	0,07—0,14	„ „
202		200	76,2	2,47	0,45—0,51	0,05—0,14	„ „
203		180	64,2	0,96	0,32—0,43	0,09—0,16	„ „
204		180	62,8	0,92	0,31—0,38	0,08—0,15	„ „

Nr.	Datum	Länge AB.	Länge AD.	Gesammt-Gewicht	Gewicht beider Ovarien	Durchmesser der Eier G.	Durchmesser der Eier K.	Bemerkungen
215	5. XII. 00	159	184	41,0	0,12	0,09—0,21		Kieler Hering
216		164	192	44,0	0,32	0,09—0,21		„ „
222		169	197	50,2	1,09	0,43—0,5	0,07—0,14	„ „
223		159	186	37,3	0,13	0,09—0,2		„ „
226		157	182	36,4	0,23	0,09—0,2		„ „
254	15. I. 01	181	210	76,3	3,87	0,6 —0,72	0,07—0,12	„ „
256		152	177	37,6	0,23	0,23—0,29	0,07—0,12	„ „
283	25. IV. 01	201	231	72,9	1,04	1,25	0,12—0,18	„ „ abgelaicht

Fortsetzung.

Nr.	Datum	Länge AB.	Länge AD.	Gesammt-Gewicht	Gewicht beider Ovarien	Durchmesser der Eier G.	Durchmesser der Eier K.	Bemerkungen
286		200	235	75,4	0,95	1,25	0,12—0,18	Kieler Hering, abgelaicht
290	6. V. 01	119	140	16,8	1,73	0,9		aus dem Windebyer Noor
297	7. V. 01	220	254	124,7	29,37	1,2—1,25		Kieler Hering
304		193	224	80,3	15,06	1,0	0,2	„ „ reif
305		211	243	106,2	20,72	1,0	0,1 —0,2	„ „ „
306		202	230	85,5	12,34	1,0	0,12—0,2	„ „ „
307		192	221	82,8	12,81	0,9—1,0	0,12—0,2	„ „ „
308		123	143	18,4	2,93	0,8—0,9		aus dem Windebyer Noor
309		115	135	15,7	1,93	0,8—0,9		„ „ „ „
310		108	127	13,6	1,38	0,8—0,9		„ „ „ „

Das Verhältniss des Gewichtes der Geschlechtsorgane zu dem des Körpers ist bei geschlechtsreifen Heringen

beim ♂ ungefähr 1 : 6,7
„ ♀ „ 1 : 5,2.

Das Verhältniss der Geschlechter.

Fulton hat zuerst die Geschlechtsverhältnisse beim Hering festgestellt: von 3457 untersuchten, aus verschiedenen Theilen von Schottland stammenden Heringen waren 1724 Männchen und 1733 Weibchen. Das Verhältniss ist danach ziemlich gleichmässig und nur um ein geringes übersteigt die Zahl der Weibchen die der Männchen, auf 100 ♂ kommen 100,52 ♀.

Diese Angabe Fulton's ist von Cunningham missverstanden, der das Verhältniss von Weibchen zu Männchen als 99 zu 100 wiedergiebt. Offenbar hat er sich verrechnet, da er die Angabe von Fulton doch benutzt hat. Macintosh und Masterman haben die Fehler übernommen. Fulton behauptet, dass bei Fischen mit pelagischen Eiern die Weibchen gewöhnlich die Männchen an Zahl und Grösse übertreffen, während bei Fischen mit am Boden abgelegten Eiern das Gegentheil die Regel ist. Jedenfalls war die Zahl der Weibchen beim Sprott grösser, als die Zahl der Männchen.

Heincke hat 1488 Heringe auf ihr Geschlecht hin untersucht und fand 882 ♀ gegen 606 ♂. Dieses Resultat widerspricht Fulton's Theorie. Im Laufe der vorliegenden Untersuchung sind 303 Heringe auf ihr Geschlecht von mir geprüft worden, und es kamen 148 ♀ auf 155 ♂.

Altersbestimmung.

Bevor wir dazu übergehen, die relative Wichtigkeit der oben angeführten Verhältnisszahlen zu den Otolithen — Beobachtungen zwecks der Altersbestimmung des Fisches — zu betrachten, wird es praktisch sein, die Resultate früherer Forscher zu vergleichen, die versucht haben, das Alter des Herings zu bestimmen.

Bestimmt wurden Heringe durch Messung von zu verschiedenen Jahreszeiten gefangenen Fischen, und da die Laichzeit ziemlich genau bekannt ist, kann das Alter annähernd auf solche Weise bestimmt werden. Hier muss jedoch bemerkt werden, dass diese Art und Weise nach dem zweiten Jahre keinen Nutzen hat.

Auffallend ist der grosse Unterschied der von verschiedenen Forschern mitgetheilten Resultate. Das könnte vielleicht daran liegen, dass das Wachsthum der einzelnen Lokalrassen oder das von Herbst- und Frühjahrshering selbst in benachbarten Gegenden verschieden ist. Diese Gründe scheinen mir jedoch nicht richtig zu sein; meiner Meinung nach ist vielmehr lediglich die ungenügende Beobachtungsweise Schuld an der Verschiedenheit der Resultate. Die werthvollsten Beobachtungen über das Wachsthum des

[1]) 8th Ann. Rep. Scots. Fish. Bd. 1890, III. S. 348—350.
[2]) op. cit. p. 76.
[3]) op. cit. S. 410.

Herings, die sich über eine Zeit von mindestens einem Lebensjahr, und zwar des ersten, erstrecken, haben Meyer[1]) und Masterman[2]) geliefert.

Meyer's Untersuchungen über das Wachsthum betrafen Heringe des westlichen Theiles der Ostsee, und zwar Frühjahrsheringe, die in Gefangenschaft gehalten wurden, und solche, die in der Schlei gefangen waren. Die Beobachtungen scheinen umfassend und genau zu sein. Die Hauptlaichmonate für die Frühjahrsheringe in der Schlei sind April und Mai. Die eben ausgeschlüpfte Larve ist 5 bis 8 mm lang. Das Wachsthum von Monat zu Monat bei freilebenden und bei den in einem fluthenden Kasten gefangen gehaltenen Heringen kann man aus der nachstehenden Tabelle ersehen, in welcher die Resultate verschiedener Forscher zum Vergleich zusammengestellt sind.

Forscher	Eben ausgeschlüpfte Larven	Monat 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	18	2 Jahr	3 Jahr	Bemerkungen
H. A. Meyer .	5,0—8,0	17—18	24—36	45—50	55—61	65—72	75—80	—	—	—	—	—	130—140	—	160—175	—	F. H. der Schlei
„	5,0—8,0	10—11	17—19	30—35	50—55	65—70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	F. H. in Gefangenschaft
Ljungmann . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	65—90	—	145—150	175	
Widegreen . .	—	—	25	37	—	—	—	—	—	—	—	—	75	—	150	—	
Yarrell	—	—	76*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Cunningham .	5,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	109—140	—	—	—	
Masterman . .	7	15	20	27	30	35	40	44	47	50	54	58	62	87	—	—	schottischer F. H.
„ .	7	14	19	23	27	30	34	38	43	47,5	52	57	61	88	113	134 †	schottischer H.H.

* 6—7 Wochen. Alle Maasszahlen in mm. † 27,5 Monate.

Meyer ist also zu folgenden Resultaten gekommen: am Ende des ersten halben Jahres ist der Hering 75 bis 80 mm, am Ende des ersten ganzen Lebensjahres 130 bis 140 mm, am Ende des zweiten Jahres 160 bis 175 mm lang.

Masterman arbeitete in ähnlicher Weise wie Meyer, nur stellte er keine Beobachtungen an gefangen gehaltenen Heringen an, und kam zu Resultaten, die von denen Meyer's sehr stark abweichen.

Masterman's Messungen wurden an Frühjahrs- und Herbstheringen aus der Gegend von St. Andrews angestellt. Er giebt eine Tabelle[3]) des Wachsthums, auf der die Grösse in jedem Monate des Jahres angegeben ist, und der Vergleich mit Meyer's Resultaten ist nicht uninteressant.

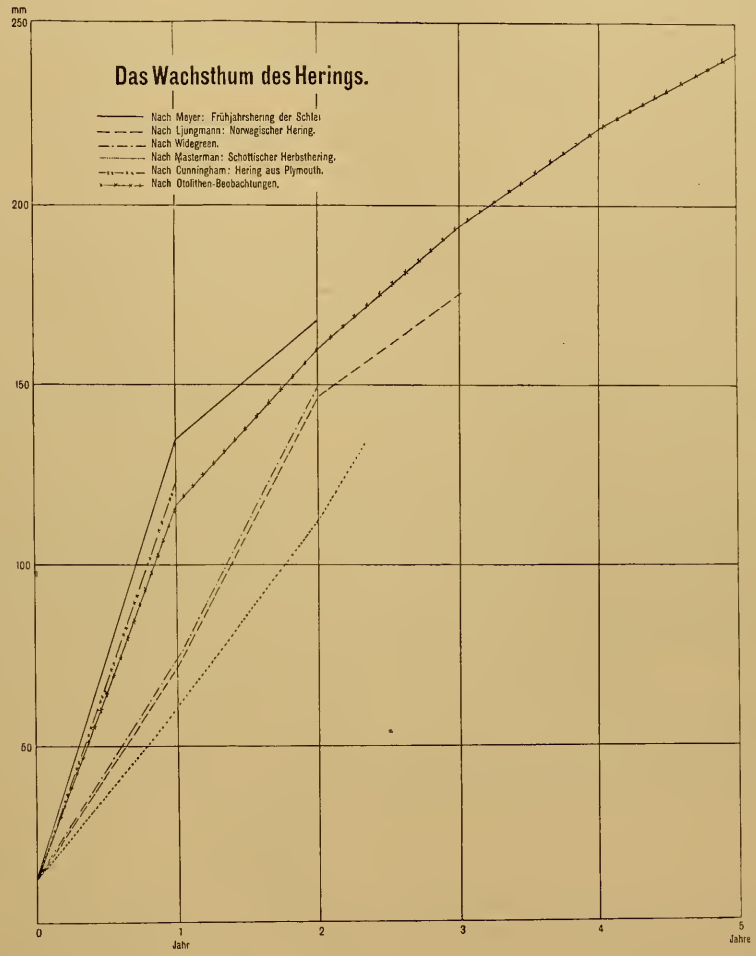
Nach Masterman ist der sechs Monate alte Hering 34 mm (H. H.) lang, oder 40 mm (F. H.). Im Alter von einem Jahre ist der Herbsthering 57 mm, der Frühjahrshering 58 mm lang, und im Alter von zwei Jahren erreicht der Herbsthering eine Länge von 113 mm. So erhalten wir beim Frühjahrshering zwischen den Resultaten Meyer's und Masterman's einen Unterschied in der Länge von 35 bis 40 mm am Ende des ersten halben Jahres, von 72 bis 82 am Ende des ersten Jahres, und einen Unterschied von 42 bis 62 mm am Ende des zweiten Jahres.

Im letzten Falle ist der Unterschied für Herbst- und Frühjahrshering gleich. Die ein halbes Jahr alten Heringe von Meyer sind grösser als die einjährigen Heringe Masterman's, und Meyer's einjährige Individuen sind grösser als Masterman's zweijährige. Es erscheint unglaublich, dass ein so grosser Unterschied in dem Wachsthum von Heringen besteht, selbst wenn sie an so weit von einander entfernten Plätzen leben, wie St. Andrews und die Schlei. Das Wachsthum des Herings nach den Forschungen von Meyer, Masterman, Ljungmann und Widegreen wird graphisch dargestellt durch die folgenden Curven. Die Abscissen entsprechen den Jahren, die Ordinaten den Millimetern der Gesammtlänge des Fisches.

[1]) Beobachtungen über das Wachsthum des Herings im westlichen Theile der Ostsee. Jahresbericht Komm. Wiss. Unters. deutsch. Meere. IV., V., VI. Jahrgang. Berlin, 1878. S. 227—252.

[2]) Rate of growth of the Herring. 14th. Ann. Rep. Scots. Fishery Board.

[3]) The Life Histories of the British Marine Food-fishes. London 1897, p. 418.



Der Unterschied zwischen den so erhaltenen Resultaten verschiedener Forscher ist so auf den ersten Blick zu sehen. Nach Meyer ist das Längenwachsthum im ersten Jahre viel stärker als später. Das ist das, was man auch a priori annehmen sollte. Während des zweiten Jahres wächst der Hering mehr in die Dicke, und schon daher sollte man denken, er würde weniger in die Länge wachsen.

Die Durchschnittszunahme beträgt im ersten halben Jahr, im zweiten halben Jahr und im zweiten Lebensjahre monatlich wie folgt (nach Masterman und Meyer):

Zunahme pro Monat.

	Erstes Halbjahr	Zweites Halbjahr	Zweites Lebensjahr	
			drittes Halbjahr	viertes Halbjahr
Meyer, F. H. . .	11,7—12	9,1—10	5—6	
Masterman, F. H.	5,5	3,7	4,1	5,5
Masterman, H. H.	4,5	4,5	4,5	4,1—6

Meyer hielt Heringe in Gefangenschaft während ihrer ersten fünf Lebensmonate und kontrollirte die so erhaltenen Resultate durch Messungen, die er an freilebenden Schleiheringen vornahm, so dass seine Resultate für mindestens die ersten fünf Monate für durchaus richtig angesehen werden können, und doch sind es gerade die ersten fünf bis sechs Monate, bei denen der Unterschied von Masterman's Angaben auffällt. Weiter maass Meyer das Wachsthum, indem er die Länge des kleinsten Fisches in jedem Kasten ermittelte, und zwar in Zwischenräumen während des Winters (November bis April) 1876—77.

Masterman hat anscheinend diese letzte Methode durchweg übernommen und kommt doch zu dem Resultate, dass der Hering meistens im zweiten Lebensjahre eben so rasch wächst wie im ersten, indem seine Zahlen für das erste Jahr 54 mm und für das zweite 52 mm Zunahme aufweisen, wenn man die Länge des ausgeschlüpften Herings zu 7 mm annimmt.

Meyer's Zahlen zeigen für das erste Jahr 125 bis 132 mm Zuwachs und für das zweite Jahr 30 bis 35. Ljungmann's Zahlen (wir nehmen wiederum die Länge des ausgeschlüpften Herings zu 7 mm an) zeigen für das erste Jahr 58 bis 83 mm, für das zweite 70 und für das dritte Jahr 28 mm Zuwachs. Eine ebenso vollständige Reihe von Beobachtungen giebt es für den einjährigen Hering sonst nicht, aber verschiedene Autoren haben Schlüsse gezogen auf die Grösse des Herings in verschiedenem Alter.

Ljungmann konstatirt, dass der Hering an der norwegischen Westküste eine Länge von 65 bis 90 mm am Ende des ersten Jahres erreicht. Nach zahlreichen Messungen, die er im Mai angestellt hat, zerfallen die Heringe in drei Gruppen:

1. 100 mm Durchschnittslänge. Wahrscheinlich ein Jahr alt
2. 145—150 mm „ „ zwei „ „
3. 175 mm „ „ drei „ „

Er giebt auch die Namen für die Heringe an der norwegischen Westküste an, die er für Exemplare von verschiedenem Lebensalter hält, zum Beispiel:

der 1jährige Hering heisst „Musse“,
„ 2 „ „ „ „Blodsild“,
„ 3 „ „ „ „Christianisild“,
„ 4 „ „ „ „Middelsild“,
„ 5 „ „ „ „Kjobmansild“,
„ 6 „ „ „ „Vaarsild“.

Es muss angenommen werden, dass es gewisse Mittel giebt, die verschiedenartigen Fische zu unterscheiden, denn sonst wären die Namen nutzlos. Ljungmann giebt indess nicht an, wie die Fischer diese Fische von verschiedenem Alter unterscheiden, obgleich möglicherweise die Grösse, wenn nicht das einzige, so doch das Hauptbestimmungsmittel ist.

Widegreen[1]) giebt dem Hering von zwei Monaten eine Länge von 25 mm, dem drei Monate alten eine Länge von 37 mm, dem einjährigen 75 mm, dem zweijährigen 150 mm.

[1]) Einige Worte über die heringsartigen Fische. Circular 4 des D. Fischerei Vereins. 1872. S. 102 ff.

Yarrell giebt für den 6 bis 7 Wochen alten Hering eine Grösse von 76 mm an.

Cunningham[1]) glaubt, dass der einjährige Fisch bei Plymouth 109 bis 140 mm lang wird. Die in der vorliegenden Arbeit hauptsächlich durch die Betrachtung der Otolithen erhaltenen Resultate sind folgende:

Alter	Totallänge (AD) mm	Gewicht gr
1 Jahr . . .	113—121	8
2 „ . . .	156—164	30
3 „ . . .	190—198	50
4 „ . . .	217—225	70
5 „ . . .	237—245	90

Jahr:	Längenwachsthum:	Gewichtszunahme:
1.	117	8
2.	43	22
3.	34	20
4.	27	20
5.	20	20.

Obgleich nicht jeder Fisch von dem oben angegebenen Alter die betreffenden Grenzen des Wachsthums innehält, kann man doch die Länge als Mittel zur Altersbestimmung benutzen.

Das Alter bis zur ersten Reife.

Sehr gehen die Ansichten darüber auseinander, in welchem Alter und bei welcher Grösse der Fisch zum ersten Mal geschlechtsreif wird. Widegreen glaubt, dass dies beim Hering eintritt, wenn er 200 mm lang ist und im dritten Jahr steht. Die kleinsten geschlechtsreifen Heringe wurden im Bottnischen Meerbusen (Luleå) gefunden, sie waren 125 mm lang.

Huxley[2]) glaubt, dass der Hering in einem, jedenfalls in anderthalb Jahren zur vollen Geschechtsreife heranwachse. Nach Meyer[3]) tritt die Geschlechtsreife im Alter von zwei Jahren und bei einer Länge von 200 mm ein. Seine Angabe bezieht sich auf die Heringe der Kieler Bucht. Sundevall[4]) giebt dem geschlechtsreifen Strömling bei Stockholm ein Alter von 3 bis 4 Jahren.

Sars giebt (wie bei Ljungmann[5]) angeführt wird), dem norwegischen Hering ein Alter von 4 bis 6 Jahren.

Nilsson stimmt mit Sars überein, während Ljungmann selbst drei Jahre als das mindeste Alter für die Zeit der ersten Laichperiode angiebt und eine durchschnittliche Länge von 175 mm, obgleich gelegentlich reife Individuen von nur 160 mm Länge angetroffen werden. Buhne giebt eine Mindestlänge von 150 mm für die Weibchen und 170 mm für die Männchen von Flensburg an. Boeck[6]) schreibt dem norwegischen Heringe eine Mindestlänge von 229 mm, ein Durchschnittsalter von 3 bis 4 Jahren und eine durchschnittliche Länge von 250 mm zu.

Yarrell glaubt, dass der Hering am Ende des ersten Jahres reif wird. Masterman hält das dritte Jahr für dasjenige, in welchem der Hering zum ersten Mal reif wird, bei einer Länge von 203 bis 229 mm.

[1]) op. cit. S. 163.

[2]) Report of the Royal Commission on the operation of the acts relating to trawling for Herring on the coasts of Scotland. Edinburgh. Murray and Gibb. 1863. Fol.

[3]) op. cit.

[4]) Om fiskyngels utveckling — Kongl. Vetenskaps Akademiens handlingar. Ny följd. Stockholm 1857.

[5]) Om sillens och skarpsillens fortplanning och tillväxt med serskild hänsyn till Bohusläns skärgård. — Nordisk Tidsskr. f. Fiskeri. 5 Aarg. 1879, S. 218.

[6]) Om Silden og Sildefiskerierne, navnlig om det norske Vaarsildfiske. I. Christiania 1871.

Demnach schwanken die Angaben der verschiedenen Forscher zwischen einem und vier bis sechs Jahren. Nach meinen Untersuchungen fällt die erste Laichperiode beim Hering in das dritte Jahr.

Eingehender ist die feinere Struktur der Otolithen von Reibisch untersucht worden, und zwar bei *Platessa*. Seine Theorie, dass der Wechsel der Schichten mit dem Wechsel der Temperatur zusammenhängt, scheint mir richtig zu sein.

Bei dem Hering ist die Schichtung der Otolithen sehr ähnlich. Ausgenommen ist nur der innere Kern. Beim Hering erscheint er hell bei durchfallendem Licht, bei *Platessa* dunkel.

Während des ersten Jahres, das auf die Bildung des Kernes folgt, wird ein breites dunkles Band gebildet; dies ist umgeben von einer hellen Contourlinie, welche zu Beginn des neuen Jahres entsteht (Taf. I, Fig. 2).

In den folgenden Jahren wird jedesmal ein breites dunkles Band nebst einem Ringe gebildet, doch werden die dunklen Bänder in den späteren Jahren immer schmäler (Taf. I, Fig. 7).

In der folgenden Tabelle ist das Alter jedes Fisches gegeben. Es muss bemerkt werden, dass das Alter nicht in jedem Fall ganz genau ist. Wenn zum Beispiel das Alter des Fisches als „3 Jahre“ angegeben ist, kann er ein paar Monate jünger oder älter sein. Die durchschnittliche Länge für die verschiedenen Jahre ist oben erwähnt.

Clupea harengus.

Länge des Fisches ohne Schwanzflosse.

Datum	Nr.	Länge	Gesammt-Gewicht	Otolithen			Geschlecht	Alter	Bemerkungen
				Länge	Breite	Dicke			
27. IX. 00	1	123	16,3	2,6	1,4	0,41	♀	1½	Kieler Hering
	2	101	9,3	2,1	1,2	0,40	♀	1	„ „
	3	106	11,9	2,3	1,15	0,40	♀	„	„ „
	4	120	15,4	2,7	1,35	0,44	♂	1½	„ „
	5	128	18,5	2,75	1,4	0,47	♀	„	„ „
	6	130	22,1	2,75	1,4	0,45	♀	„	„ „
	7	126	18,4	2,85	1,45	0,47	♂	„	„ „
	8	137	26,4	2,85	1,55	0,48	♀	2	„ „
	9	158	42,9	3,2	1,55	0,53	♀	⟩ 3	„ „
29. IX. 00	10	127	20,6	2,55	1,15	0,44	♂	1½	„ „
	11	135	25,3	3,0	1,45	0,47	♀	2	„ „
	12	135	24,0	2,9	1,45	0,46	♀	„	„ „
	13	135	23,7	2,9	1,45	0,43	♂	„	„ „
	14	135	25,8	2,9	1,45	0,47	♂	„	„ „
	15	135	24,4	2,95	1,45	0,46	♂	„	„ „
	16	124	21,2	2,7	1,4	0,44	♀	1½	„ „
	17	135	25,2	2,7	1,4	0,45	♀	2	„ „
	18	136	26,4	2,75	1,5	0,46	♀	„	„ „
	19	135	24,0	2,85	1,45	0,45	♀	„	„ „
	20	137	24,9	2,8	1,45	0,46	♂	„	„ „
	21	146	33,3	3,05	1,5	0,49	♀	2½	„ „
	22	143	30,5	3,0	1,45	0,44	♀	„	„ „
	23	156	38,1	3,1	1,45	0,50	♀	„	„ „
	24	146	32,0	3,0	1,45	0,46	♂	„	„ „
	25	148	35,1	3,2	1,5	0,50	♀	„	„ „
	26	137	23,3	2,7	1,35	0,46	♂	2	„ „
	27	134	24,2	2,7	1,45	0,46	♂	„	„ „
	28	145	28,5	2,9	1,5	0,46	♀	„	„ „
	29	148	35,4	3,05	1,45	0,46	♂	„	„ „
	30	142	30,4	3,05	1,45	0,46	♀		„ „

Clupea harengus.

Länge des Fisches ohne Schwanzflosse.
(Fortsetzung.)

Datum	Nr.	Länge	Gesammt-Gewicht	Otolithen			Geschlecht	Alter	Bemerkungen
				Länge	Breite	Dicke			
29. IX. 00	31	155	36,4	3,2	1,55	0,48	♀	2	Kieler Hering
	32	156	39,7	3,1	1,6	0,48	♂	„	„ „
	33	164	42,3	3,2	1,6	0,50	♂	3	„ „
	34	165	40,2	3,55	1,7	0,55	♀	„	„ „
	35	169	47,2	3,35	1,6	0,50	♂	„	„ „
	36	169	45,3	3,3	1,7	0,52	♀	„	„ „
	37	183	59,7	3,6	1,7	0,58	♀	3½	„ „
	38	174	52,1	3,7	1,75	0,57	♀	„	„ „
	39	189	65,3	3,6	1,75	0,59	♂	„	„ „
2. X. 00	40	105	12,6	2,25	1,2	0,41	♀	1	„ „
	41	98	9,0	2,1	1,1	0,32	♀	„	„ „
	42	95	7,9	1,9	1,0	0,32	♂	„	„ „
	43	99	8,8	2,15	1,2	0,36	♂	„	„ „
	44	98	8,6	2,1	1,1	0,38	♀	„	„ „
	45	57	1,5	1,45	0,8	0,29	♂	unter 1	„ „
	46	98	9,0	2,0	1,1	0,40	♀	1	„ „
	47	98	8,2	2,05	1,15	0,34	♀	„	„ „
	48	103	11,3	2,15	1,15	0,42	♀	„	„ „
	49	98	9,0	2,15	1,15	0,38	♀	„	„ „
	50	98	9,1	2,1	1,1	0,34	♂	„	„ „
4. X. 00	51	175	51,0	3,6	1,6	0,55	♂	3	„ „
	52	164	42,5	3,3	1,55	0,54	♀	„	„ „
	53	179	51,2	3,6	1,7	0,56	♀	3½	„ „
	54	178	59,7	3,75	1,7	0,53	♂	„	„ „
	55	181	59,1	3,8	1,9	0,59	♀	„	„ „
	56	187	60,1	3,85	1,85	0,65	♀	„	„ „
	57	185	64,0	3,5	1,75	0,50	♂	„	„ „
	58	195	74,6	3,85	1,9	0,55	♂	4	„ „
	59	190	82,4	3,8	1,95	0,56	♂	„	„ „
	60	198	80,1	3,85	1,9	0,63	♀	„	„ „
	61	206	87,3	4,0	1,85	0,64	♀	5	„ „
	62	202	90,5	4,1	1,85	0,63	♂	„	„ „
	63	200	79,6	3,8	1,85	0,60	♂	4½	„ „
6. X. 00	64	118	16,1	2,35	1,25	0,43	♂	1½	„ „
	65	110	13,8	2,25	1,15	0,39	♂	„	„ „
	66	115	14,4	2,6	1,35	0,56	♀	„	„ „
	67	111	12,9	2,25	1,2	0,42	♂	„	„ „
	68	114	14,5	2,4	1,25	0,38	♀	„	„ „
	69	117	15,5	2,45	1,3	0,41	♀	„	„ „
	70	114	15,0	2,6	1,25	0,51	♂	„	„ „
	71	107	12,2	2,15	1,15	0,34	♀	⟨ 1	„ „
	72	107	11,5	2,2	1,1	0,37	♂	„	„ „
	73	107	11,6	2,45	1,25	0,45	♂	„	„ „
	74	98	8,8	2,2	1,15	0,37	♂	1	„ „
	75	109	13,2	2,35	1,15	0,36	♂	⟨ 1	„ „
	76	109	13,5	2,15	1,2	0,37	♂	„	„ „
	77	103	9,7	2,1	1,0	0,36	♂	1	„ „
	78	100	9,7	2,05	1,2	0,40	♀	„	„ „
	79	97	8,7	2,15	1,15	0,32	♀	„	„ „
	80	95	8,1	2,05	1,1	0,36	♂	„	„ „

Clupea harengus.

Länge des Fisches ohne Schwanzflosse.

(Fortsetzung.)

Datum	Nr.	Länge	Gesammt-Gewicht	Otolithen			Geschlecht	Alter	Bemerkungen
				Länge	Breite	Dicke			
6. X. 00	81	95	8,1	2,05	1,1	0,32	♂	1	Kieler Hering
	82	95	7,8	2,1	1,05	0,35	♂	„	„ „
	83	82	5,2	1,95	1,05	0,34	♂	⟩ 1	„ „
	84	110	11,3	2,55	1,4	0,40	♂	1	„ „
	85	102	10,4	2,3	1,3	0,39	♀	„	„ „
	86	94	8,7	2,05	1,1	0,39	♀	„	„ „
	87	86	6,1	2,0	1,05	0,33	♂	⟩ 1	„ „
	88	87	6,5	1,85	1,1	0,36	♂	„	„ „
	89	90	6,9	1,9	1,0	0,35	♀	„	„ „
	90	73	3,8	1,7	0,9	0,32	♂	„	„ „
	91	105	11,7	2,25	1,15	0,37	♂	1	„ „
	92	91	6,7	2,1	1,1	0,35	♀	⟩ 1	„ „
	93	140	30,1	2,9	1,45	0,50	♀	2	„ „
	94	137	27,0	2,85	1,5	0,54	♂	„	„ „
	95	147	34,5	3,0	1,55	0,48	♂	„	„ „
	96	155	40,0	3,1	1,55	0,46	♀	2½	„ „
	97	140	30,5	2,8	1,4	0,48	♂	2	„ „
	98	146	34,5	3,1	1,55	0,46	♂	„	„ „
	99	143	29,8	3,0	1,45	0,43	♀	„	„ „
	100	145	35,3	3,2	1,55	0,47	♂	„	„ „
	101	153	36,4	3,0	1,5	0,50	♂	⟩ 2	„ „
	102	142	31,2	2,9	1,5	0,50	♀	2	„ „
	103	146	32,2	2,9	1,4	0,55	♂	„	„ „
	104	170	49,9	3,45	1,65	0,57	♀	3	„ „
16. X. 00	105	192	70,5	3,85	1,75	0,56	♀	4	„ „
	106	185	65,7	3,55	1,75	0,56	♀	„	„ „
	107	179	63,6	3,45	1,75	0,59	♂	3½	„ „
	108	179	60,0	3,85	1,75	0,56	♀	„	„ „
	109	185	66,7	3,6	1,75	0,62	♂	4	„ „
	110	172	52,6	3,6	1,70	0,58	♂	3	„ „
	111	167	48,2	3,25	1,6	0,50	♀	„	„ „
	112	147	35,0	3,25	1,45	0,56	♂	2½	„ „
	113	149	35,9	3,05	1,6	0,50	♂	„	„ „
	114	135	27,5	3,0	1,5	0,44	♂	2	„ „
	115	146	31,8	3,05	1,5	0,46	♀	„	„ „
19. X. 00	116	204	102,2	4,0	1,9	0,58	♂	5	„ „
	117	198	81,3	4,15	1,95	0,72	♂	4½	„ „
	118	190	71,8	3,75	1,75	0,51	♂	„	„ „
	119	175	58,6	3,7	1,65	0,54	♀	3½	„ „
	120	195	68,6	3,65	1,9	0,57	♀	4	„ „
	121	183	61,1	4,0	1,7	0,60	♂	3½	„ „
	122	190	65,2	4,2	1,8	0,61	♂	4	„ „
	123	188	66,7	4,15	2,0	0,67	♂	„	„ „
	124	190	74,7	3,65	1,7	0,60	♀	„	„ „
	125	175	60,4	3,65	1,75	0,56	♀	3	„ „
	126	171	55,3	3,75	1,75	0,58	♀	„	„ „
	127	168	54,1	3,25	1,65	0,53	♂	„	„ „
	128	174	56,5	3,75	1,7	0,58	♀	„	„ „
	129	175	49,7	3,4	1,7	0,53	♀	„	„ „
	130	189	59,6	3,75	1,85	0,61	♂	„	„ „

Clupea harengus.

Länge des Fisches ohne Schwanzflosse.
(Fortsetzung.)

Datum	Nr.	Länge	Gesammt-Gewicht	Otolithen			Geschlecht	Alter	Bemerkungen
				Länge	Breite	Dicke			
19. X. 00	131	166	39,4	3,65	1,60	0,58	♀	3	Kieler Hering
	132	164	42,4	3,4	1,7	0,48	♀	„	„ „
	133	137	24,6	2,95	1,5	0,49	♀	„	„ „
	134	168	42,9	3,35	1,55	0,50	♀	„	„ „
	135	160	49,8	3,2	1,55	0,50	♀	„	„ „
	136	142	30,0	3,0	1,5	0,50	♀	„	„ „
	137	158	37,2	3,0	1,6	0,53	♂	„	„ „
	138	148	32,7	2,95	1,6	0,49	♂	„	„ „
	139	150	38,5	2,85	1,4	0,50	♀	„	„ „
	140	144	34,7	3,05	1,5	0,49	♀	2½	„ „
	141	139	27,0	3,0	1,45	0,47	♀	3	„ „
	142	142	27,9	3,15	1,55	0,51	♀	„	„ „
	143	157	36,5	3,25	1,6	0,55	♂	„	„ „
	144	146	29,6	3,05	1,4	0,51	♀	„	„ „
	145	137	27,9	2,8	1,45	0,47	♂	„	„ „
	146	147	30,0	3,05	1,45	0,49	♂	„	„ „
	147	145	33,9	3,05	1,55	0,51	♀	2½	„ „
	148	162	34,6	3,5	1,75	0,56	♂	„	„ „
	149	178	48,7	3,7	1,75	0,62	♂	3	„ „
	150	178	50,3	3,25	1,55	0,46	♂	„	„ „
	151	178	54,6	3,55	1,75	0,60	♂	„	„ „
	152	172	50,3	3,7	1,85	0,64	♂	„	„ „
	153	111	12,7	2,2	1,15	0,38	♂	1½	„ „
	154	98	8,5	—	1,05	0,32	♀	1	„ „
	155	211	109,2	4,05	1,9	0,63	♂	5	„ „
	156	200	81,5	4,2	1,85	0,67	♂	4½	„ „
	157	198	73,2	3,8	1,85	0,62	♀	4	„ „
	158	194	75,8	3,75	1,75	0,62	♂	„	„ „
	159	203	89,3	4,35	1,8	0,64	♀	4½	„ „
	160	193	73,8	3,9	1,7	0,61	♂	4	„ „
	161	193	81,1	3,9	1,85	0,64	♂	„	„ „
	162	198	86,0	3,95	1,8	0,60	♂	„	„ „
	163	185	63,7	—	—	—	♂	3½	„ „
	164	66	2,4	1,55	0,9	0,34	♀	½	„ „
	165	113	13,3	2,35	1,25	0,41	♂	1½	„ „
1. XI. 00	166	193	76,7	4,0	1,8	0,58	♀	4	Eckernförder Hering. Im Magen Diptera!
	167	180	64,0	3,5	1,75	—	♂	3½	„ „
	168	192	74,0	4,05	1,75	0,69	♀	4	„ „
	169	201	96,7	3,95	1,75	0,60	♀	„	„ „
	170	189	74,0	3,85	1,8	0,61	♀	„	„ „
	171	187	63,7	3,9	1,7	0,61	♂	3½	„ „
	172	187	61,7	3,7	1,8	0,58	♀	4	„ „
	173	189	68,7	3,4	1,7	0,60	♀	„	„ „
	174	183	57,1	3,75	1,7	0,60	♂	3½	„ „
7. XI. 00	175	215	119,0	3,85	1,85	0,68	♀	5	Kieler Hering
	176	200	98,5	3,6	1,8	0,68	♂	4	„ „
	177	205	101,3	4,05	1,95	0,64	♀	„	„ „
	178	189	75,2	3,7	1,75	0,65	♀	„	„ „
	179	204	90,0	4,15	2,1	0,67	♀	5	„ „
	180	201	92,5	4,0	1,9	0,73	♂	„	„ „

Clupea harengus.

Länge des Fisches ohne Schwanzflosse.

(Fortsetzung.)

Datum	Nr.	Länge	Gesammt-Gewicht	Otolithen			Geschlecht	Alter	Bemerkungen
				Länge	Breite	Dicke			
7. XI. 00	181	210	84,7	3,65	1,9	0,43	♂	5	Kieler Hering
	182	199	84,1	3,7	1,8	—	♂	„	„ „
	183	204	93,5	4,0	1,85	0,64	♂	„	„ „
	184	191	77,1	3,7	1,85	0,63	♂	4	„ „
	185	183	67,3	3,85	1,65	0,54	♀	„	„ „
	186	188	67,1	3,75	2,0	0,63	♀	„	„ „
	187	174	58,7	3,7	1,85	0,50	♂	3	„ „
	188	176	63,0	3,6	1,7	0,51	♂	3½	„ „
	189	184	61,9	3,7	1,95	0,61	♂	3½	„ „
	190	181	55,2	3,8	1,85	0,71	♂	„	„ „
	191	175	63,7	3,75	1,75	0,57	♂	„	„ „
	192	187	56,9	3,8	1,9	0,65	♂	„	„ „
	193	178	60,0	3,55	1,7	0,58	♂	„	„ „
	194	156	36,1	3,25	1,7	0,52	♀	3	„ „
16. XI. 00	195	199	80,1	3,9	1,75	0,62	♀	⟨ 4	„ „
	196	200	75,1	4,0	1,95	0,59	♀	„	„ „
	197	201	78,2	3,85	2,0	0,64	♂	„	„ „
	198	177	56,1	3,95	1,8	0,59	♀	3½	„ „
	199	188	64,3	3,6	1,8	0,56	♀	4	„ „
	200	194	72,2	—	1,85	0,67	♂	„	„ „
	201	178	59,4	3,1	1,75	0,58	♂	3	„ „
	202	200	76,2	3,95	1,8	0,61	♀	4	„ „
	203	180	64,2	3,55	1,35	0,60	♀	„	„ „
	204	180	62,8	3,45	1,75	0,58	♀	„	„ „
27. XI. 00	205	162	40,9	—	1,5	0,49	♀	3	„ „
	206	151	36,3	3,1	1,55	0,51	♀	3	„ „
	207	142	28,3	2,75	1,35	0,45	♀	2	„ „
	208	149	32,9	2,7	1,4	0,48	♀	2½	„ „
	209	138	24,6	2,75	1,5	0,46	♀	2	„ „
	210	146	31,5	3,0	1,5	0,48	♂	2	„ „
	211	152	32,0	3,15	1,4	0,51	♀	2	„ „
	212	145	32,5	2,95	1,4	0,51	♀	„	„ „
	213	152	34,1	3,15	1,55	0,49	♀	⟨ 2	„ „
	214	151	34,2	2,85	1,5	0,54	♀	„	„ „

In der folgenden Tabelle sind drei Messungen der Länge in Millimetern gegeben, nämlich

A B. bis zum Anfang der Schwanzflosse, entsprechend der ganzen Länge in der obigen Tabelle.

A C. bis zum Ende des kürzesten Flossenstrahles in der Schwanzflosse, d. h. bis zur Gabelung der Flosse.

A D. bis zum Schnittpunkte, den die Hauptachse des Körpers mit einer Senkrechten bildet, die durch die beiden Spitzen der Schwanzflosse gezogen wird, wobei die Schwanzflosse sich in der Stellung befindet, die Heincke als diejenige der in grösster natürlicher Ausbreitung befindlichen Schwanzflosse bezeichnet.

Datum	Nr.	Länge			Gesammt-Gewicht	Otolithen			Geschlecht	Alter	Bemerkungen
		AB.	AC.	AD.		Länge	Breite	Dicke			
5 XII. 00	215	159	167	184	41,0	3,4	1,65	0,56	♀	2½	Kieler Hering
	216	164	173	192	44,0	3,55	1,65	0,55	♀	3	„ „
	217	151	160	177	34,7	3,2	1,50	—	♂	2½	„ „
	218	158	167	185	37,4	3,0	1,55	—	♂	„	„ „
	219	160	168	186	38,9	3,2	1,6	0,49	♂	„	„ „
	220	166	176	194	45,2	3,55	1,7	0,49	♂	3	„ „
	221	172	181	200	51,7	3,2	1,75	0,55	♂	„	„ „
	222	169	178	197	50,2	3,4	1,65	0,54	♀	„	„ „
	223	159	168	186	37,3	3,3	1,55	0,52	♀	〉3	„ „
	224	143	152	167	28,8	3,1	1,55	0,47	♂	2+	K. H., Hoden sehr klein
	225	148	157	173	32,6	3,05	1,45	0,53	♂	„	„ „ „ „ „
	226	157	166	182	36,4	3,3	1,55	0,48	♀	2½	Kieler Hering
	227	144	152	167	28,0	2,85	1,55	0,71	♂	2+	K. H., Hoden sehr klein
	228	153	162	178	36,9	3,1	1,5	0,54	♂	„	„ „ „ „ „
8. XII. 00	229	112	119	130	13,7	2,35	1,2	0,44	♂	1½	Kieler Hering
	230	110	117	127	12,9	2,25	1,15	0,35	♀	„	„ „
	231	155	163	178	36,8	3,0	1,50	0,49	♀	2½	„ „
	232	159	166	182	42,9	3,3	1,65	0,49	♀	„	„ „
	233	166	177	194	44,5	3,35	1,6	0,58	♂	3	„ „
	234	155	164	180	38,5	3,1	1,5	0,49	♂	2½	„ „
	235	149	157	174	32,7	3,05	1,5	0,49	♀	„	„ „
	236	155	164	180	36,4	3,05	1,5	0,46	♀	„	„ „
	237	152	161	177	35,6	3,0	1,5	0,43	♀	„	„ „
	238	149	157	174	32,3	3,0	1,5	0,47	♂	„	„ „
	239	151	160	176	35,0	3,05	1,6	0,52	♂	„	„ „
	240	152	161	178	35,2	3,1	1,55	0,49	♀	„	„ „
	241	150	159	176	33,2	3,05	1,55	0,49	♂	„	„ „
	242	159	167	184	38,4	3,0	1,55	0,49	♀	2½	„ „
	243	144	152	167	28,5	3,1	1,5	0,48	♀	2+	„ „
	244	151	160	177	36,7	3,05	1,5	0,45	♀	2½	„ „
	245	148	156	171	31,2	2,9	1,5	0,50	♂	„	„ „
	246	140	148	164	28,7	3,1	1,4	0,54	♀	2+	„ „
	247	146	154	171	31,7	2,9	1,5	0,43	♀	2½	„ „
	248	119	126	138	16,5	2,4	1,35	0,43	♂	1½	„ „
13. XII. 00	249	63	—	—	2,3	1,55	0,9	0,30	♀	unter 1	„ „
	250	65	—	—	2,2	1,6	0,9	0,32	♂	„	„ „
16. I. 01	251	204	215	235	92,5	4,1	1,9	0,66	♂	4+	„ „
	252	201	213	231	91,2	3,95	1,9	0,64	♂	„	„ „
	253	182	192	213	71,0	3,65	1,75	0,64	♂	3+	„ „
	254	181	191	210	76,3	3,5	1,75	0,61	♀	3+	„ „
	255	149	158	173	35,6	3,3	1,6	0,56	♂	2½	„ „
	256	152	160	177	37,6	3,25	1,55	0,50	♀	2½	„ „
	257	150	158	172	38,2	3,0	1,45	0,50	♂	„	„ „
28. V. 97	258	112	118	128	—	2,35	1,25	0,45	♂		Aus dem Kanal, Schirnauer See, km 70, unreif
	259	103	110	122	—	2,15	1,1	0,41	♂		
	260	134	142	154	—	—	—	—	♂		
26. II. 01	261	99	105	114	8,7	—	—	—	♀	unter 1	Nordsee-Hering
	262	76	82	90	3,5	2,0	1,10	0,37	♂	„	„ „
26. II. 01	263	143	149	167	27,3	2,8	1,9	0,49	♂	2+	Kieler Hering
	264	156	165	182	36,4	3,35	1,6	0,51	♀	2½	„ „
	265	146	152	169	31,0	2,85	1,75	0,49	♀	„	„ „
	266	148	155	170	33,2	3,1	1,65	0,52	♀	„	„ „
	267	140	147	163	28,0	—	—	—	♀	2	„ „

Datum	Nr.	Länge			Gesammt-Gewicht	Otolithen			Geschlecht	Alter	Bemerkungen
		AB.	AC.	AD.		Länge	Breite	Dicke			
	268	149	156	171	31,2	3,2	1,6	0,58	♂	2	Kieler Hering
	269	142	149	165	28,7	3,0	1,45	0,45	♂	„	„ „
	270	148	154	170	32,3	3,05	1,5	0,46	♂	„	„ „
	271	148	155	172	32,5	3,1	1,45	0,45	♀	2+	„ „
	272	149	156	171	34,9	2,95	1,6	0,5	♀	„	„ „
26. II. 01	273	102	109	120	8,9	2,15	1,1	0,4	♂	1	Nordsee-Hering
	274	99	106	115	8,5	2,25	1,2	—	♀	1	„ „
	275	92	99	109	6,4	2,1	1,2	0,41	♂	1	„ „
	276	112	119	131	11,7	2,45	1,25	0,44	♀	1½	„ „
	277	107	114	125	10,9	—	—	—	♀	1	„ „
	278	101	107	117	8,2	2,2	1,25	0,41	♀	1	„ „
	279	101	107	117	9,2	2,3	1,25	0,4	♂	1	„ „
3. VII. 97	280	111	117	132	—	—	—	—			} aus d. Windebyer Noor,
	281	125	133	146	—	—	—	—			∫ in Spiritus, unreif
25. IV. 01	282	198	208	229	81,0	4,2	1,9	0,65	♂	4	Kieler Hering
	283	201	210	231	72,9	3,9	1,95	0,62	♀	4+	„ „
	284	210	220	241	78,0	4,15	1,95	0,67	♂	5	„ „
	285	201	211	234	68,8	4,25	1,9	0,6	♂	4+	„ „
26. II. 01	286	200	211	235	75,4	4,15	1,85	0,63	♀	4+	„ „
	287	199	209	229	74,9	4,05	1,75	0,63	♂	„	„ „
	288	120	126	139	16,5	2,75	1,5	0,45	♂	3	Windebyer Noor-Hering
	289	115	121	135	14,1	2,5	1,45	0,46	—	3	„ „ „
	290	119	125	140	16,8	2,8	1,5	0,45	♀	„	„ „ „
	291	122	129	144	16,5	2,85	1,45	0,49	—	„	„ „ „
	292	117	124	138	15,9	2,65	1,45	0,52	♂	„	„ „ „
	293	122	129	143	16,9	2,75	1,45	0,58	♂	„	„ „ „
	294	121	129	142	15,0	2,65	1,4	0,45	♀	„	„ „ „
	295	113	121	134	12,5	2,6	1,5	0,49	♂	„	„ „ „
	296	116	123	137	13,2	2,6	1,5	0,49	—	„	„ „ „
7. V. 01	297	220	232	254	124,7	4,35	2,1	0,72	♀	5	Kieler Hering
	298	223	234	252	91,8	3,8	1,75	0,68	♂	„	„ „ abgelaicht
	299	195	204	223	77,7	3,6	1,85	0,65	♂	4	„ „
	300	212	222	244	99,5	4,3	2,0	0,65	♂	5	„ „
	301	223	233	255	101,8	4,2	1,8	0,68	♂	„	„ „
	302	205	214	236	84,0	3,95	1,8	0,6	♀	4+	„ „
	303	223	234	256	105,9	4,1	1,9	0,69	♂	5	„ „
15. V. 01	304	193	203	224	80,3	3,85	1,8	0,63	♀	4	„ „
	305	211	222	243	106,2	4,1	1,9	0,6	♀	5	„ „
	306	202	212	230	85,5	3,65	1,9	0,65	♀	4+	„ „
	307	192	202	221	82,8	4,0	1,75	0,63	♀	4	„ „
21. V. 01	308	123	129	143	18,4	8,6	1,45	0,53	♀	3	Windebyer Noor-Hering
	309	115	122	135	15,7	2,7	1,4	0,54	♀	„	„ „ „
	310	108	115	127	13,6	2,3	1,45	0,48	♀	„	„ „ „
	311	121	128	141	16,1	2,6	1,4	0,48	♀	„	„ „ „
	312	129	137	150	23,2	2,8	1,55	0,49	♀	„	„ „ „
	313	122	130	142	16,9	2,6	1,45	0,52	♂	„	„ „ „

Eizahl.

Die erste Untersuchung stellte Harmer[1]) an.

Bloch[2]) hat die Zahl der Eier beim Hering bestimmt. Seine Angaben werden hier wiedergegeben nach Kröyer,[3]) welcher versichert, dass seine Angaben von Bloch entlehnt sind. Danach beträgt die Zahl der Eier mehr als 68000. Nach Day[4]) beläuft sie sich auf 10000 bis 30000. Matthews[5]) hält Day's Schätzung für zu niedrig. Nach ihm beträgt die Zahl im günstigsten Falle 48000. Von einer Anzahl von untersuchten Fischen hatten die meisten zwischen 20000 und 53000 Eier, ein Drittel hatte zwischen 30000 und 40000 und nur sehr wenige hatten zwischen 10000 und 20000.

Huxley[6]) hält 30000 für zu hoch gegriffen und schreibt diese Überschätzung dem Umstande zu, dass Matthews vergessen hat, wie viel Raum im Ovarium von dem Netz von Blutgefässen eingenommen wird. Er glaubt auch, dass eine Menge Eier unreif sind und daher nicht abgelaicht werden. Die letzteren entsprechen offenbar den kleinen durchsichtigen Eiern (K in Tabellen), die in meiner Schätzung nicht mit eingerechnet sind, weil sie während der nächsten Laichzeit noch nicht das Ovarium verlassen. Benecke[7]) giebt die Zahl der Eier auf 40000—100000 an. Das steht im Gegensatz zu allen anderen Schätzungen, ausser der von Bloch. Fulton[8]) hat festgestellt, dass zwischen den einzelnen Individuen derselben Art ein grosser Unterschied bezüglich des Gewichts der Ovarien und der Eizahl besteht. Er untersuchte 16 Exemplare und fand, dass die Zahl der Eier zwischen 21500 und 47466 schwankte; der Durchschnitt betrug 31768. Es muss aber bemerkt werden, dass alle seine Untersuchungen an Frühjahrsheringen angestellt wurden.

Eizahl beim Hering.

Datum	Nr.	Länge	Gesammt-Gewicht	Gewicht beider Ovarien	Durchmesser der Eier G.	Durchmesser der Eier K.	Gewicht des herausgegriffenen Theils	Zahl der in diesem Theile enthaltenen Eier	Gesammtzahl der Eier	Alter nach den Otolithen	Bemerkungen
20. X. 00	124	AB 190	74,7	8,62	1,00—1,08	—	0,97	2242	19924	4 J.	Kieler H. H.
23. X. 00	129	„ 175	49,7	1,36	0,45—0,63	0,07—0,16	0,52	6125	16019	3 J.	„ „
„	135	„ 160	40,8	3,21	0,7 —0,8	—	0,72	3772	16817	3 J.	„ „
„	139	„ 150	38,5	4,10	0,8 —0,85	0,1 —0,15	0,76	3397	18326	3 J.	„ „
„	140	„ 144	34,7	4,57	0,95—1,0	0,12—0,17	0,81	2633	14855	2½ J.	„ „
„	147	„ 145	33,9	3,47	0,87—0,92	0,12—0,17	0,58	2169	12977	2½ J.	„ „
1. XI. 00	169	„ 201	96,7	5,32	0,59—0,66	0,1 —0,16	0,32	2651	44074	4 J.	Eckernf. H. H.
7. XI. 00	175	„ 215	119,0	6,96	0,66—0,72	0,07—0,16	0,65	6108	65403	5 J.	Kieler H. H.
6. V. 01	290	AB 119 AD 140	16,8	1,73	0,9	0,1 —0,2	0,37	1020	4767	3 J.	Windebyer Noor F. H.
7. V. 01	297	AB 220 AD 254	124,7	29,37	1,20—1,25	—	0,81	1255	45543	5 J.	Kieler F. H.
15. V. 01	304	AB 193 AD 224	80,3	15,06	1,0	0,2	0,60	1474	40331	4 J.	„ „
„	305	AB 211 AD 243	106,2	20,72	1,0	0,2	0,46	973	43827	5 J.	„ „
„	306	AB 202 AD 230	85,5	12,34	1,0	0,2	0,57	1167	25264	4 J.	„ „
„	307	AB 192 AD 221	82,8	12,81	0,9 —1,0	0,1 —0,2	0,45	931	26649	4 J.	„ „
21. V. 01	308	AB 123 AD 143	18,4	2,93	0,8 —0,9	0,1 —0,2	0,30	—	7950	3 J.	Windebyer Noor F. H.
„	309	AB 115 AD 135	15,7	1,93	0,8 —0,9	0,1 —0,2	0,22	627	5500	3 J.	„
„	310	AB 108 AD 127	13,6	1,38	0,8 —0,9	0,1 —0,2	0,21	646	4245	3 J.	„

[1]) Phil. Trans. Roy. Soc. London. 1768. vol. LVII. pt. 1.
[2]) Ichthyologie ou histoire naturelle générale et particulière des poissons. 1785.
[3]) Danmarks Fiske. Kjøbenhavn. 1828—1854. III. 1. 170.
[4]) The Fishes of Great Britain and Ireland. London 1880—1884. Vol. II. p. 21.
[5]) 4th. Annual Report Fish. Bd. Scotland. 1885. footnote p. 95.
[6]) Nature. 1881. April.
[7]) Handbuch der Fischzucht und Fischerei (Benecke und Dallmer). Berlin 1886.
[8]) The comparative fecundity of Sea Fishes. 9th. Ann. Rep. Scots. Fish. Bd. 1890. pt. IV.

In der Tabelle ist die Zahl der Eier für 8 Herbstheringe und 5 Frühjahrsheringe aus der westlichen Ostsee gegeben, ebenso für 4 Frühjahrsheringe aus dem Windebyer Noor. Die Zahl der Eier bei den Herbstheringen der Kieler Bucht schwankt wie man sieht, zwischen 13000 und 65400. Der grosse Unterschied ist wahrscheinlich auf den Umstand zurückzuführen, dass der Hering in seiner ersten Laichperiode weit weniger Eier hervorbringt, als in späteren Laichzeiten; denn es ist natürlich schwer für einen Hering von 145 mm Länge so viel Eier zu tragen wie ein Hering von 215 mm. Die auf der Tabelle mit Nummer 129, 135, 139, 140 und 147 bezeichneten Heringe stehen vermuthlich vor der ersten Laichung, während 124 und 169 vor der zweiten Laichung stehen. Diese Ansicht wird gestützt durch die Beschaffenheit der Otolithen.

Die Heringe 129, 135, 139 stehen nach den Otolithen im dritten Lebensjahr, welches als das Jahr der ersten Laichperiode angesehen wird. Sie stehen aber nicht im Anfang des dritten Jahres, sondern sind etwas älter, da man an den Otolithen die Schicht des dritten Jahres schon ziemlich ausgebildet findet.

Dagegen sind bei den Nummern 124 und 169 die drei ersten Jahresringe schon vollständig ausgebildet; man kann daher annehmen, dass sie im vierten Jahre stehen.

Vom Frühjahrshering haben wir drei Exemplare im vierten Jahr, die zum zweiten Mal laichen; ihre Eier zählen 26000 bis 40000. Die Verhältnisse liegen ähnlich wie bei dem Herbsthering in nahezu demselben Alter. Die Exemplare 297 und 305, die im fünften Jahre stehen und zum dritten Mal laichen, haben mehr Eier, nämlich 44000 bis 45000. Diese Zahl jedoch bleibt hinter der bei den gleichalterigen Herbstheringen zurück. Die Zahl der untersuchten Exemplare ist zu gering, um einen allgemeinen Vergleich zu ermöglichen, aber man sieht, dass die Theorie — die Eizahl hängt von dem Alter und der Grösse des Fisches ab — richtig ist.

Der grosse Unterschied in den Angaben früherer Forscher, die die Eizahl bald auf 10000 (Day), bald auf 100000 (Benecke) ansetzen, kann auf diese Verschiedenheit des Alters der untersuchten Heringe zurückgeführt werden. Ein Fisch mit 10000 Eiern ist sicherlich einer, der zum ersten Mal reif ist, während ein solcher mit 68000 (Bloch) oder mit 100000 (Benecke) höchst wahrscheinlich in der dritten oder gar in der vierten Laichzeit steht.

Interessant ist die auffallend geringe Eierzahl bei den Heringen aus dem Windebyer Noor. Die Zahl schwankt zwischen 4245 und 7950. Die Otolithen zeigen, dass die Fische im dritten Lebensjahr und daher im gleichen Alter wie die fünf Herbstheringe (129, 135, etc.) stehen. Die Eizahl bei den letzteren schwankt zwischen 13000 und 18300 in der ersten Laichzeit, sie ist also dreimal so gross als bei den Heringen aus dem Windebyer Noor. Dieser Unterschied geht Hand in Hand mit dem geringeren Gewichte und der geringeren Grösse bei den letzteren. Die durchschnittliche Grösse und das durchschittliche Gewicht der fünf Herbstheringe, welche zum ersten Mal laichen, und der Heringe aus dem Windebyer Noor ist folgendermaassen.

	Mittlere Länge mm		Mittleres Gewicht	Längen-Einheits-Gewicht [1]	Eizahl (mittlere)
	AB	AD	gr		
H. H. der westlichen Ostsee	155	178	39,5	0,222	15799
F. H. aus dem Windebyer Noor	116	136	16,1	0,118	5615

Die Altersangabe in den Tabellen dieser Abhandlung ist leider in dem Bestreben, sie kurz zu fassen, oft ungenau geworden. In der Tabelle auf der vorhergehenden Seite z. B. sind genau nur die Werthe $2^1/_2$ J. für Nr. 140 und 147. In allen anderen Fällen muss es heissen statt 4 J. „im 4. J.“, statt 3 J. „im 3. J.“ u. s. w.

Das Windebyer Noor.

Hier ist es nothwendig, die Lebensbedingungen zu betrachten, unter denen die Heringe im Windebyer Noor (bei Eckernförde) leben.

Möbius und Heincke[2]) haben bereits Betrachtungen darüber angestellt, die aber einige hier zu berichtigende Irrthümer enthalten. Sie schreiben (S. 186):

„Als Beispiel, wie die Absperrung brackischer Buchten auf den Fischbestand einwirkt, möge das Windebyer Noor dienen. In früheren Zeiten, wo viel mehr Heringe und Plattfische im Innern der Eckern-

[1]) Cf. Hensen.

[2]) Die Fische der Ostsee. Berlin 1883.

förder Bucht gefangen wurden, als jetzt, stand das Noor in offener Verbindung mit dem Meere. Es war nach Versicherung des Herrn Consul Lorentzen in Eckernförde und anderer Sachverständiger reich an Heringen und grosse Scharen von Sandaalen (*Ammodytes lanceolatus)* zogen in jedem Frühjahr hinein, wahrscheinlich um zu laichen. Dann wurde, vor etwa 20 Jahren, ein Damm durch die Verbindungsstelle von Noor und Hafen gelegt, jedoch mit ziemlich weitem Durchgang, so dass das Wasser zwischen Noor und Hafen in grösseren Massen ein- und ausströmen konnte. Auch jetzt noch hielten sich Heringe in ziemlicher Menge im Noor auf, alle ausnehmend fett und wohlschmeckend. Die Sturmfluth im November 1872 riss den Damm fort und es wurde ein neuer mit einem sehr engen Durchgang angelegt, der nur gestattet Wasser aus dem Noor in den Hafen abzulassen, aber nicht umgekehrt".

Bezüglich des letzten Punktes sind Möbius und Heincke im Irrthum, denn ein Stau am Damme öffnet sich von selbst, wenn das Wasser im Noor bis zu einer gewissen Höhe steigt, derart, dass oben das Wasser aus dem Noor in die Bucht fliesst, und unten umgekehrt in Folge des Gegenstroms aus der Bucht in das Noor. Steht das Wasser draussen und drinnen wieder gleich hoch, so schliesst sich das Stau von selbst.

Möbius und Heincke schreiben weiter:

„Seit jener Zeit hat die Zahl der Seefische im Noor stetig abgenommen. Es sind bis Ende der siebziger Jahre noch einzelne wohlgenährte Heringe gefangen worden. Da jedoch ein Zuzug von laichreifen Fischen oder von Brut nicht mehr möglich ist, so werden sie bald ganz verschwinden und Süsswasserfische an ihre Stelle treten."

Mit der ersten Ungenauigkeit hängt eine zweite zusammen, denn es ist möglich, dass Fische oder Fischlarven aus dem Salzwasser mit dem Unterstrom ins Noor gelangen, aber sicherlich ist das jetzt sehr viel schwieriger als früher. Im Jahre 1901, 18 Jahre später als Möbius und Heincke die obige Angabe machten, zeigt die Anwesenheit von laichenden Heringen im Noor, dass der Salzwasserfisch dort nicht ausgestorben ist, wie Möbius und Heincke annahmen. Die Heringe, die jetzt im Noor laichen, zeigen die nachher beschriebenen Eigenthümlichkeiten.

Möbius und Heincke schreiben weiter:

„Auch die früher häufigen Krabben *(Palaemon squilla)* sind jetzt selten im Windebyer Noor und Massen von leeren Schalen von *Cardium edule,* welche den Grund bedecken, beweisen das langsam fortschreitende Aussterben der marinen Thierarten. Endlich ist im Jahre 1880 der letzte Schritt gethan, um das Noor zu einem reinen Süsswassersee zu machen; es wurde nahe dem Steindamm ein Damm für die Kiel-Flensburger Eisenbahn durch den unteren Theil des Noors gelegt und damit die letzte Kommunikation desselben mit dem Hafen abgeschnitten."

Auch diese letzte Angabe ist ungenau. Wie ich mich an Ort und Stelle überzeugt habe, besteht trotz des Eisenbahndammes doch eine Verbindung zwischen Noor und Bucht, und zwar gross genug, um selbst erwachsene Heringe durchzulassen. Von Süss- und Salzwasserthieren fanden Möbius und Heincke im Juli 1880 im Noor: Daphniden, Copepoden, *Mysis vulgaris, Idotea tricuspidata, Cardium*

edule. Sie geben ferner an: „An schlammigen Stellen lebten ungeheure Massen einer röthlichen Chironomuslarve, welche die Hauptnahrung der hier lebenden Aalmutter *Zoarces viviparus* und wahrscheinlich auch des Aals bildete, der hier fetter wird, als im Salzwasser. Aeusserst zahlreich fanden wir im Noor im Juli den *Gobius minutus var. minor.*, viele noch im Laichen begriffen, daneben grosse Mengen Brut. Nicht selten endlich wurden *Palaemon squilla* und *Crangon vulgaris* beobachtet".

Herr Prof. Dr. Brandt stellt mir den folgenden kurzen Bericht über eigene Untersuchungen des Noors zu Verfügung.

„Im Jahre 1896 machte mir Herr Lehrer Lorentzen die Mittheilung, dass im Windebyer Noor, besonders in der südöstlichen Bucht desselben, zusammen mit Karpfen, auch immer vereinzelte Heringe gefangen wurden, die sich durch geringe Grösse und durch sehr weiches Fleisch auszeichneten. Herr Oberfischmeister Hinckelmann besorgte mir alsdann freundlichst eine Anzahl von Noor-Heringen, von denen ich einige Herrn Prof. Heincke mit der Bitte um nähere Untersuchungen zugeschickt habe. Am 10. September 1897 führte ich selbst eine Untersuchung des Noors aus, um die physikalischen Verhältnisse, die Zugangswege und die Veränderung der Thier- und Pflanzenwelt des Noors seit 1880 kennen zu lernen. Von marinen Organismen erhielt ich beim Dredgen nur *Gobius minutus*, sehr bedeutende Mengen von *Mysis vulgaris* und vereinzelte Exemplare von *Enteromorpha.* Von sonst gemeinen Süsswasserthieren vermisste ich *Dreissena* und *Spongilla,* während *Plumatella* und Chironomuslarven durch grosse Häufigkeit auffielen. Der Salzgehalt ist in der nachstehenden Tabelle für die in der Karte angegebenen Punkte zusammengestellt."

Stelle.	Temp.	Salzgehalt.	Tiefe	Fauna und Flora und Bemerkungen.
1.	—	—	—	Sehr viel *Mysis vulgaris. Gobius minutus var. minor. Leuciscus* sp. Chironomuslarven. Libellenlarven. *Chara.* Grüne Insektenlarven. *Bythinia. Asellus. Gammarus.*
2.	14°	2,5‰	—	Viel Chroococcaceae in hell-grünem Wasser.
2a.	14°	2,5‰	0, m	
	15°	2,5‰	8, m	
3.	14,9°	2,5‰	0, m	*Plumatella fungosa.* Sehr viel *Mysis vulgaris.* Libellenlarven. Weisse Dipterenlarven. Schneckeneier. Bisher nur grüne Chironomuslarven, aber in tieferem Wasser auf etwas fauligem Grund auch die rothe Larve von *Donacia crassipes. Corixa. Limnaeus ovatus. Planorbis.*
4.	14,8°	2,5‰	0, m	Hier auch sehr viel *Plumatella fungosa,* einige *Planorbis* und *Bythinia.* Heringe sollen hier jede Nacht gefangen werden.
5.	14,8°	2,7‰	8,5 m	Schwarzer feiner Mud mit einigen rothen Chironomuslarven.
5a.	14,7°	2,8‰	9,5 m	Tiefste Stelle des Sees.
6.	14,5°	2,9‰	0, m	Viel *Plumatella fungosa,* einige *Bythinia.*
	13,6°	2,9‰	0, m	
7.	14,0°	3,0‰	0, m	
8.	13,4°	3,4‰	0, m	In dieser Erweiterung zwischen Bahnhofbrücke und Schleuse
	13,8°	14,8‰	1,5 m	besteht der Grund aus sehr weichem, stinkendem, schwarzem Schlamm, in dem nichts Lebendes zu finden war. —

Im Mai 1901 wurden von mir zwei Untersuchungen (an Stelle 1 und 5) mit dem Plankton-Netz und einige (Stelle 5) mit der Dredge angestellt.

Das Plankton im Noor war charakteristisch für Süsswasser, und zwar in Stelle 1 und 5 übereinstimmend folgendermassen zusammengesetzt: *Cyclops* sp. und Larven derselben. *Anuraea aculeata,* sehr häufig *Asplanchna priodonta. Notholca labis,* Rotiferaeier, *Diatoma* var. *tenue. Microcystis. Polyarthra platyptera.*

Die Bodenfauna bei Stelle 5 enthielt *Dreissena polymorpha, Mysis vulgaris,* grosse Mengen von *Navicula* sp. und Chironomuslarven. —

Prof. Dr. Brandt schreibt mir weiter:

„Im See selbst war der Salzgehalt nur gering (2,5—2,7‰) von der Oberfläche bis zum Grunde. Etwas stärker war der Salzgehalt in dem Verbindungsgraben von Noor und Eckernförder Bucht, und zwar am stärksten nahe der selbstthätigen Schleuse. Erkundigungen ergaben, dass wegen Niedrigwasser in der Eckernförder Bucht und wegen starker Regengüsse, die ein Steigen des Wassers im Noor bewirkten, die selbstthätige Schleuse kurz vorher etwa acht Tage lang offen gewesen ist. Am Tage der Untersuchung war sie geschlossen. Trotzdem war in der kesselartigen Erweiterung bei der Schleuse die Wirkung des Unterstromes noch sehr deutlich zu erkennen. An der Oberfläche betrug der Salzgehalt 3,4‰, am Grunde (1,5 m Tiefe) aber 14,8‰, also nicht viel weniger als in der Eckernförder Bucht.

Dass mit dem in den Verbindungsgraben eintretenden Unterstrom diejenigen marinen Planktonorganismen und Larven von Fischen und anderen Meeresthieren, die in den Bereich dieses Stromes kommen, nach dem Noor hingeführt werden, ist ganz unvermeidlich. Fast alle hineingeschwemmten Organismen aber sterben schon in der Todtenkammer dicht hinter der Schleusse, wo der Salzgehalt in den verschiedenen Wasserschichten so ausserordentlich stark differirt und häufigem Wechsel unterliegt, und sinken zu Boden. Die Möglichkeit aber, dass Heringslarven auch jetzt noch von Zeit zu Zeit in das Noor gelangen und dort unter Anpassung an die eigenartigen Lebensbedingungen zu strömlingsartigen Exemplaren heranwachsen, ist nicht auszuschliessen. Es ist daher keineswegs sicher, dass die Heringe, die man jetzt im Noor findet, sämmtlich von solchen Exemplaren abstammen, die vor fast 40 Jahren durch die Schleuse von der See abgeschnitten sind, und dass die Eigenthümlichkeiten des Noor-Herings auf Vererbung und Inzucht, und nicht vielleicht ausschliesslich auf Einfluss der eigenthümlichen Lebensbedingungen, vor allem des verringerten Salzgehalts, zurückzuführen sind. Zuchtversuche würden am ehesten Aufschluss darüber geben können."

Dass Heringe in Wasser von sehr geringem Salzgehalt leben und laichen können, ist von Schneider[1]) für den Skärenarchipel Finlands nachgewiesen. Der Salzgehalt an der Oberfläche des Wassers im Sunde zwischen der inneren und äusseren Skärenzone war am 14. August 1900 3,06‰ und in einem flachen Sunde im Bereiche des inneren Skärengürtels ebenfals am 14. August nur 2,89‰. Schneider's Experimente wiesen ferner nach, dass Heringslarven bei einem Salzgehalt von 5‰ sich entwickeln können.[2])

Die Eier des Frühjahrsherings der Schlei entwickeln sich im Wasser mit nur 5‰ Salz nach Kupffer[3]).

Nach Kupffer[4]) können sich die Eier des Herings bei einem Salzgehalt von 3 bis 4‰ entwickeln. Der Unterschied zwischen dem Salzgehalt des Windebyer Noors (2,5—3,0‰) und dem nach Kupffer für die Entwickelung des Herings nötigen Salzgehalts ist nicht gross.

Der Hering schien in seiner Nahrung nicht wählerisch zu sein.[5]) Er frass neben Planktonthieren auch grosse Mengen von Chironomuslarven und -Puppen, Gammariden und andere Süsswasser- und Uferorganismen.

Der Mageninhalt der Heringe des Windebyer Noors besteht hauptsächlich aus *Mysis vulgaris*. Ausserdem fand ich darin sehr viel Diatomeen (*Navicula* sp.).

Die Otolithen der Heringe aus dem Windebyer Noor sind durchgehend sehr dunkel bei durchfallendem Licht und die Jahresringe waren recht undeutlich, so dass man hiernach das Alter des Herings sehr schwer bestimmen kann. Doch liess sich durch Schliffe nachweisen, dass die Heringe Nr. 288 bis 296 drei Jahre alt waren und sich in ihrer ersten Laichperiode befanden.

Bemerkenswerth ist, dass mit dem Salzgehalt des Wassers sich, ähnlich wie bei vielen anderen Meeresthieren, auch beim Hering die Grösse vermindert.

---

[1]) Ichthyologische Beiträge. Notizen über die an der Südküste Finlands in den Skären des Kirchspieles Esbo vorkommenden Fische. Acta. Soc. pro Fauna et Flora Fennica. XX. Vol. I. Helsingfors 1900.

[2]) op. cit. S. 41.

[3]) Ueber Laichen und Entwickelung des Herings in der westlichen Ostsee. Jahresber. d. Kommission zur wiss. Untersuchung d. deutschen Meere III. Ber. Kiel 1878. S. 31.

[4]) Die Entwickelung des Herings im Ei. Jahresber. d. Kommission zur wiss. Untersuchung d. deutschen Meere. III. Ber. Kiel 1878. S. 183.

[5]) Schneider. op. cit. S. 7.

Heincke[1]) schreibt: „Je mehr der Salzgehalt des Ostseewassers von Westen nach Osten abnimmt, desto geringer wird die Körpergrösse der Heringsrassen."

Nach Möbius und Heincke sind die Brackwasserrassen auf einem jugendlicheren Stadium geschlechtsreif, als die Salzwasservarietäten derselben Art[2]). Dies halte ich für unzutreffend, nach meiner Ansicht werden beide Rassen im gleichen Alter reif; der Unterschied ist auf das verschiedene Wachsthum zurückzuführen, die Brackwasserrassen werden nicht so gross wie die Salzwasserrassen. Die Clupea-Art (*Clupea deliculata,* Nor.), welche das caspische Meer bewohnt, ist ebenfalls eine kleine Form und wird bei einer Grösse von 115 bis 120 mm geschlechtsreif[3]).

Anfangs schien mir die Behauptung der Noorfischer, die Heringe laichten im Noor, unwahrscheinlich. Doch als ich vollkommen geschlechtsreife Exemplare mit fliessenden Eiern erhielt, änderte ich meine Ansicht und bin nun überzeugt, dass die Heringe im Noor selbst laichen und die Larven dort heranwachsen.

b. Der Sprott, *Clupea sprattus.*

Vom Hering unterscheidet sich der Sprott bedeutend durch seine Art zu laichen. Erstens ist, wie Hensen nachgewiesen hat, das Ei pelagisch, und zweitens — obwohl sich seine Laichzeit über mehrere Monate des Jahres erstreckt — scheint er nicht, wie der Hering, zwei Hauptlaichzeiten, im Frühling und Herbst, zu haben.

Möbius und Heincke[4]) geben an, dass der Sprott in der Ostsee wie der Hering zwei Laichperioden hat, nämlich im Frühling und Herbst.

Cunningham[5]) hat Sprotteier von Ende Januar bis Ende April bei Plymouth gefunden.

An der Westküste von Irland laicht der Sprott von März bis Juni.

Bei St. Andrews (Schottland) sind Eier von April bis Juli gefunden worden.

Heincke und Ehrenbaum[6]) geben als Laichzeit des Nordseesprotts März bis April an, und weiter stellen sie fest, dass er im offenen Meere laicht. Sprotten wurden in verschiedenen Monaten des Jahres von mir untersucht, und im Gegensatz zum Hering zeigten die Fortpflanzungsorgane keine Veränderung, ausgenommen im Frühling, wenn der Sprott reif wird.

Nach einer mündlichen Angabe des Herrn Prof. Hensen hat er — zwar nicht in dem letzten, aber doch in früheren Jahren — reife Sprotten im Herbst aus der Kieler Bucht erhalten.

Andauernde Beobachtungen über das Wachsthum und die Grösse des Sprotts in verschiedenem Alter sind, so weit ich weiss, bis jetzt nicht angestellt. Einige Einzelbeobachtungen, welche die Grösse des Sprotts in verschiedenem Alter berücksichtigen, sind jedoch mit in Betracht gezogen.

Die eben ausgeschlüpfte Larve ist 3,07 bis 3,6 mm lang. In einem Alter von einer Woche erreicht sie 4,7 mm.

Der Sprott bedeckt sich mit silbernen Schuppen, wenn er 25 bis 30 mm misst.

Cunningham sagt, dass kleine Sprotten, welche im Februar, März, April und Mai 50 bis 76 mm lang sind, das Alter von einem Jahr haben.

Matthews hat reife Sprotten gefunden, die 110 bis 114 mm lang waren; er glaubt, dass sie zwei Jahre alt waren.

Was das Geschlecht anbelangt, so fand Heincke[7]), dass von 144 Sprotten aus verschiedenen Gegenden 105 Weibchen und nur 39 Männchen waren. Das stimmt mit Fulton's Theorie überein, und meine Ergebnisse können das nur bestätigen, denn von 162 auf das Geschlecht untersuchten Sprotten waren 94 Weibchen und 68 Männchen.

---

[1]) op. cit. Text, S. LXXII.

[2]) op. cit. p. 286.

[3]) Lönnberg. Contributions to the Ichthyology of the Caspian Sea. Bihang till K. Svenska Vet.-Akad. Handlingar. Band 26. Afd. IV. Nr. 8.

[4]) op. cit. p. 140.

[5]) Journ. Mar. Biol. Assoc. I. (N. S.) p. 45.

[6]) Eier und Larven von Fischen der deutschen Bucht. Wiss. Meeresunters. d. d. Meere. Abt. Helg. N. F. Band III. Heft 2. 1900.

[7]) Naturgeschichte des Herings. I. Tab. u. Tafel.

Die Zahl der Eier ist nach Fulton[1]) ungefähr 5000.

Das Exemplar stammte aus dem Firth of Forth und war im Mai gefangen worden. Es war 114 mm lang bei einem Gewicht von 8,8 gr. Eizahl: 1404 grosse und 4000 kleine Eier.

Andere Beobachtungen sind mir nicht zu Gesicht gekommen.

Der Otolith des Sprotts weicht von dem aller anderen Arten der Clupeiden durch seine relativ grössere Breite ab; wie die Otolithen aller Clupeiden zeigt auch der des Sprotts bei durchfallendem Licht einen hellen Kern. Dieser wird von einem dunkeln Band umgeben, das wiederum von einem hellen Ring eingeschlossen ist.

Der Anfang dieses hellen Ringes bezeichnet die Grenze der ersten Jahresschicht. Ihm folgt ein zweites dunkles Band, das wie das erste von einem hellen Ringe umgeben ist. Dieser bezeichnet das Ende der zweiten Jahresschicht.

In den folgenden Jahren wird, wie oben beim Hering erwähnt ist, ein breites dunkles Band nebst einem hellen Ringe gebildet, aber die Bänder in den späteren Jahren werden immer schmäler.

Die in der vorliegenden Arbeit hauptsächlich durch die Betrachtung der Otolithen erhaltenen Resultate sind folgende:

Alter	Totallänge (AD)
1 Jahr	75 mm
2 Jahre	110 „
3 Jahre	130 „

Clupea sprattus.

l. Länge des Fisches ohne Schwanzflosse.

Datum	Nr.	Länge	Gesammt-Gewicht	Otolithen			Geschlecht	Alter	Bemerkungen.
				Länge	Breite	Dicke			
27. IX. 00	1	106	13,7	1,5	0,95	—	♀	2½	Kieler Sprott
2. X. 00	2	105	14,0	1,65	1,1	0,32	♀	„	„ „
6. X. 00	3	93	8,1	1,5	1,0	0,35	♂	„	„ „
	4	97	8,7	1,6	1,05	0,27	♂	„	„ „
	5	88	8,1	1,5	1,0	0,32	♂	„	„ „
	6	104	12,2	1,55	1,05	0,30	♀	„	„ „
	7	103	11,4	1,75	1,0	0,31	♂	„	„ „
	8	96	8,5	1,5	1,0	0,29	♀	„	„ „
	9	91	8,2	1,6	1,1	0,29	♀	„	„ „
	10	90	7,0	1,55	1,05	0,30	♂	„	„ „
	11	90	7,4	1,4	0,95	0,31	♂	„	„ „
	12	89	6,7	1,65	0,9	0,29	♂	„	„ „
26. X. 00	13	120	17,8	1,7	1,2	0,33	♀	3½	„ „
	14	92	7,2	1,48	1,0	0,31	♂	2½	„ „
	15	89	6,5	1,6	1,07	0,33	♂	„	„ „
	16	85	5,6	1,4	0,9	0,30	♀	„	„ „
	17	91	7,3	1,5	1,0	0,33	♂	„	„ „
	18	108	19,3	1,55	0,9	0,33	♂	3½	„ „
	19	112	16,8	1,9	1,3	0,33	—	„	„ „
	20	119	17,8	1,75	1,25	0,28	♀	„	„ „
	21	111	—	1,9	1,25	—	—	„	„ „
	22	100	9,8	1,62	1,1	0,35	♀	2½	„ „
	23	88	7,3	1,45	0,9	0,35	♀	„	„ „
	24	85	5,9	1,5	1,0	0,30	♀	„	„ „
1. XI. 00	25	116	18,0	1,9	1,17	0,39	♀	3½	Eckernförder Sprott

[1]) The Comparative Fecundity of Sea Fishes. 9th. Ann. Rep. Scots. Fish. Bd. 1891.

Clupea sprattus.

I. Länge des Fisches ohne Schwanzflosse.
(Fortsetzung.)

Datum	Nr.	Länge	Gesammt-Gewicht	Otolithen. Länge	Otolithen. Breite	Otolithen. Dicke	Geschlecht	Alter	Bemerkungen.
1. XI. 00	26	121	19,2	1,8	1,1	—	♀	3½	Eckernförder Sprott
	27	112	16,7	1,75	1,1	0,33	♀	„	„ „
	28	121	20,3	1,95	1,25	0,32	♀	„	„ „
	29	103	13,5	1,73	1,15	0,35	♀	2½	„ „
	30	106	15,6	1,8	1,25	0,35	♂	„	„ „
	31	106	15,0	1,85	1,18	0,35	♀	„	„ „
	32	108	14,1	1,7	1,07	0,29	♂	„	„ „
	33	117	15,1	1,95	1,35	—	♀	3½	„ „
	34	111	17,2	1,65	1,05	0,33	♀	2½	„ „
	35	109	16,5	1,8	1,2	0,30	♀	„	„ „
	36	108	15,4	1,75	1,05	0,33	♂	„	„ „
	37	115	19,1	1,75	1,05	0,30	♀	3½	„ „
	38	117	18,7	1,9	1,3	—	♀	„	„ „
	39	120	18,6	1,9	1,35	0,40	♀	„	„ „
	40	106	15,0	1,6	1,1	0,32	♂	2½	„ „
	41	115	17,4	1,85	1,1	0,32	♀	3½	„ „
	42	107	14,6	1,65	1,1	0,31	♀	2½	„ „
	43	108	16,0	1,85	1,25	—	♀	2½	„ „
	44	116	19,3	1,95	1,15	0,33	♀	3½	„ „
16. XI. 00	45	114	17,5	1,85	1,25	0,33	♂	„	Kieler Sprott
	46	105	—	—	—	—	♀	2½	„ „
	47	95	7,9	1,5	1,0	—	—	„	„ „
27. XI. 00	48	119	17,2	1,7	1,25	0,35	♂	3½	„ „
	49	118	19,4	1,9	1,25	0,34	♀	„	„ „
	50	117	17,4	1,85	1,2	0,39	♀	„	„ „
	51	125	19,5	1,8	1,2	0,34	♀	„	„ „
	52	110	15,4	1,65	1,1	—	♂	2½	„ „
	53	102	13,5	1,65	1,05	—	♀	„	„ „
	54	115	17,3	1,75	1,2	—	♂	3½	„ „

In der folgenden Tabelle sind drei Messungen der Länge in Millimetern gegeben, nämlich:
AB bis zum Anfang der Schwanzflosse,
AC bis zur Gabelung der Flosse,
AD bis zum Ende der Flosse.

Datum	Nr.	Länge AB	Länge AC	Länge AD	Gesammt-Gewicht	Otolithen Länge	Otolithen Breite	Otolithen Dicke	Geschlecht	Alter	Bemerkungen.
5. XII. 00	55	114	120	130	15,9	1,6	1,1	0,31	♀	3½	Kieler Sprott
	56	118	126	136	17,6	1,9	1,15	0,38	♀	„	„ „
	57	118	124	134	16,5	—	—	—	♂	„	„ „
	58	106	112	123	12,7	1,55	1,1	0,28	♂	2½	„ „
	59	117	124	134	18,4	1,9	1,25	—	♀	3½	„ „
	60	120	126	138	17,0	—	—	—	♂	„	„ „
	61	111	117	128	16,2	1,85	1,25	0,35	♀	„	„ „
	62	118	124	136	17,5	1,75	1,15	0,34	♀	„	„ „
	63	118	125	135	18,5	1,7	1,2	0,37	♀	„	„ „

Datum	Nr.	Länge			Gesammt-Gewicht	Otolithen			Geschlecht	Alter	Bemerkungen.
		AB	AC	AD		Länge	Breite	Dicke			
5. XII. 00	64	114	121	132	16,9	1,95	1,25	0,34	♂	3½	Kieler Sprott
	65	106	112	123	14,8	1,65	1,1	0,33	♀	2½	„ „
	66	112	119	130	14,6	1,75	1,2	0,31	♂	3½	„ „
8. XII. 00	67	118	125	136	18,4	1,75	1,15	0,34	♀	„	„ „
	68	117	125	136	18,4	1,75	1,05	0,36	♀	„	„ „
	69	104	110	119	10,8	1,7	1,1	0,31	♂	2½	„ „
	70	112	119	130	16,8	1,7	1,05	0,32	♀	3½	„ „
	71	110	117	128	14,0	1,7	1,05	0,31	♂	2½	„ „
	72	110	116	126	15,1	1,65	1,15	0,37	♂	„	„ „
	73	118	125	135	16,9	1,95	1,3	0,43	♂	3½	„ „
	74	106	113	123	12,6	1,6	1,0	0,29	♀	2½	„ „
	75	109	115	126	14,5	1,55	1,05	0,28	♀	„	„ „
	76	106	113	123	14,8	1,65	1,05	0,31	♀	„	„ „
	77	115	122	131	15,8	1,7	1,15	0,34	♀	3½	„ „
	78	114	122	130	15,8	1,65	1,2	0,36	♀	„	„ „
	79	104	111	119	11,7	1,7	1,0	0,28	♂	2½	„ „
11. XII. 00	80	110	116	128	16,1	1,8	1,15	0,34	♀	3	Nordsee-Sprott
	81	108	114	125	14,9	1,85	1,1	0,29	♀	2½	„ „
	82	111	117	128	15,5	1,8	1,25	0,39	♀	„	„ „
	83	118	124	136	17,2	1,95	1,3	0,36	♂	3½	„ „
	84	108	115	125	14,3	1,7	1,2	0,35	♀	2½	„ „
	85	114	121	131	16,8	1,8	1,2	0,34	♀	3½	„ „
	86	98	104	113	9,9	1,6	1,05	—	♀	2½	„ „
	87	101	108	119	11,2	—	—	—	♀	„	„ „
	88	99	105	115	11,8	1,6	1,1	0,30	♀	„	„ „
	89	90	96	107	8,7	1,45	1,05	0,31	♀	„	„ „
	90	99	106	116	10,3	1,7	1,0	0,34	♂	„	„ „
	91	101	107	117	11,1	1,65	1,05	0,31	♀	„	„ „
	92	94	100	109	9,0	1,6	1,1	0,29	♀	„	„ „
	93	92	99	108	8,7	1,7	1,1	0,32	♀	„	„ „
	94	83	89	98	5,5	1,7	1,2	0,34	♂	„	„ „
13. XII. 00	95	115	122	133	15,0	1,9	1,25	0,4	♂	3+	Kieler Sprott
	96	114	121	132	17,2	1,85	1,15	0,35	♀	„	„ „
	97	114	121	133	17,5	2,15	1,25	0,38	♀	„	„ „
	98	119	125	136	20,2	2,0	1,3	0,38	♀	„	„ „
	99	113	120	130	15,3	1,8	1,15	0,34	♀	„	„ „
	100	115	121	132	18,3	2,0	1,2	0,32	♀	„	„ „
28. V. 97	101	113	120	131	—	1,8	1,15	0,34	♀	—	Kaiser Wilhelm-Kanal km 70 Schirnauer See
	102	111	118	130	—	1,75	1,15	0,34	♀	—	
	103	101	117	129	—	1,75	1,15	0,33	♀	—	
	104	112	119	132	—	1,8	1,1	0,35	♀	—	
26. II. 01	105	62	67	74	1,9	1,25	0,8	0,26	♀	1	Nordsee-Sprott
	106	67	72	79	2,7	1,25	0,8	0,26	♂	„	„ „
	107	56	60	66	1,5	1,1	0,75	0,26	♀	„	„ „
	108	64	68	76	2,5	1,2	0,8	0,26	♂	„	„ „
	109	60	64	71	1,9	1,1	0,75	0,24	♂	„	„ „
	110	61	66	72	2,0	1,2	0,75	0,24	♂	„	„ „
	111	62	67	74	2,2	1,2	0,75	0,24	♀	„	„ „
	112	61	66	72	1,9	1,25	0,85	0,23	♀	„	„ „
	113	71	76	85	3,5	1,0	0,85	0,33	♂	„	„ „
	114	64	69	76	2,4	1,25	0,8	0,26	♀	„	„ „
	115	58	63	69	1,7	1,1	0,75	0,24	♂	„	„ „
	116	61	66	73	2,0	1,25	0,85	0,26	♂	„	„ „

Datum	Nr.	Länge			Gesammt-Gewicht	Otolithen			Geschlecht	Alter	Bemerkungen.
		AB	AC	AD		Länge	Breite	Dicke			
26. II. 01	117	63	68	74	2,1	1,25	0,8	0,23	♂	1	Nordsee-Sprott
	118	55	60	65	1,4	1,25	0,8	0,23	♂	„	„ „
	119	67	71	79	2,7	1,25	0,8	0,24	♀	„	„ „
	120	63	68	74	2,1	1,05	0,8	0,25	♂	„	„ „
	121	57	62	69	1,5	1,0	0,7	0,22	♀	„	„ „
	122	60	65	71	1,9	1,15	0,75	0,23	♀	„	„ „
	123	60	65	71	1,8	1,15	0,8	0,22	♀	„	„ „
	124	58	63	69	1,7	1,15	0,7	0,22	♂	„	„ „
	125	62	66	74	2,1	1,2	0,75	0,25	♀	„	„ „
	126	89	95	103	7,7	—	—	—	♂	2	„ „
	127	75	80	88	4,9	1,45	1,0	0,29	♀	„	„ „
	128	79	84	92	7,0	1,6	1,1	0,34	♀	„	„ „
	129	94	99	111	10,1	1,7	1,1	0,38	♂	„	„ „
	130	90	96	104	8,0	1,4	1,0	—	♂	„	„ „
	131	81	87	96	6,2	1,5	1,0	0,30	♀	„	„ „
	132	85	90	100	6,6	1,6	1,05	0,28	♀	„	„ „
	133	82	87	95	6,2	1,6	1,0	0,31	♂	„	„ „
	134	77	82	91	5,4	1,45	1,0	0,31	♀	„	„ „
	135	81	87	95	6,0	1,4	0,95	0,30	♀	„	„ „
	136	72	76	84	3,4	1,35	0,95	0,25	♂	1	„ „
	137	91	96	106	7,0	1,6	1,0	0,32	♂	2	„ „
	138	93	98	109	9,8	1,5	1,05	0,33	♀	„	„ „
	139	82	87	96	6,4	1,55	1,05	0,29	♂	„	„ „
	140	81	86	96	6,5	1,45	0,95	0,29	♀	„	„ „
	141	77	82	91	5,7	1,65	1,05	0,29	♀	„	„ „
	142	87	92	101	7,7	1,6	1,05	0,31	♂	„	„ „
	143	88	93	102	8,2	1,6	1,1	0,35	♀	„	„ „
	144	81	86	95	6,0	1,65	1,1	0,35	♂	„	„ „
	145	78	83	91	6,0	1,45	1,0	0,3	♂	„	„ „
	146	82	88	97	5,8	1,45	1,0	0,32	♀	„	„ „
	147	81	86	95	6,3	1,4	1,0	0,33	♂	„	„ „
	148	77	82	90	5,3	1,5	1,0	0,27	♂	„	„ „
	149	81	86	95	6,2	1,55	1,0	0,29	♂	„	„ „
	150	90	96	105	9,1	1,6	1,1	0,33	♀	„	„ „
	151	83	89	97	7,2	1,6	1,0	0,31	♀	„	„ „
	152	77	82	90	5,4	1,5	1,0	0,28	♀	„	„ „
	153	79	84	92	5,9	1,4	1,0	0,31	♂	„	„ „
	154	80	85	92	6,9	1,45	1,0	0,28	♂	„	„ „
	155	79	84	92	5,5	1,35	0,95	0,28	♂	„	„ „
	156	81	87	95	6,5	1,5	1,0	0,27	♂	„	„ „
	157	85	90	101	6,9	1,6	1,2	0,35	♂	„	„ „
	158	71	76	83	3,7	1,3	0,85	0,31	♀	1	„ „
	159	86	92	101	7,0	1,6	1,05	0,31	♀	2	„ „
	160	78	83	91	5,5	1,4	1,0	0,30	♂	„	„ „
	161	59	63	71	2,3	1,15	0,55	0,24	♀	1	„ „
	162	59	63	71	2,0	1,05	0,7	0,26	♂	„	„ „
	163	58	62	69	1,8	1,15	0,7	0,24	♀	„	„ „
	164	52	56	64	1,5	1,05	0,7	0,23	♂	„	„ „
	165	58	63	70	1,8	0,95	0,7	0,22	♂	„	„ „
	166	54	58	65	1,7	1,05	0,75	0,24	♂	„	„ „
	167	53	56	63	1,3	1,1	0,75	0,21	♂	„	„ „
	168	54	58	64	1,5	0,95	0,65	0,21	♀	„	„ „

Clupea sprattus. Geschlechtsorgane.

Nr.	Datum	Länge	Gewicht beider Hoden oder Ovarien	Beim ♀ Durchmesser der Eier	Geschlecht	Bemerkungen
13	26. X. 00	120 (AB.)	0·23	—	♀	Kiel
27	1. XI. 00	112 „	0·23	0·09—0·16	♀	Eckernförde
48	27. XI. 00	119 „	0·22	—	♂	„
49	„	118 „	0·24	0·07—0·20	♀	„
50	„	117 „	0·29	0·07—0·21	♀	„
55	5. XII. 00	130 (AD.)	0·18	0·09—0·20	♀	Kiel
56	„	136 „	0·30	0·06—0·23	♀	„
57	„	134 „	0·29	—	♂	„
67	8. XII. 00	136 „	0·28	0·09—0·28	♀	„
68	„	136 „	0·30	0·08—0·25	♀	„
71	„	128 „	0·17	—	♂	„
72	„	126 „	0·25	—	♂	„
80	„	128 „	0·22	0·09—0·34	♀	„
81	„	125 „	0·19	0·09—0·27	♀	„
127	26. II. 01	88 „	0·18	G. 0·43—0·32 K. 0·10—0·18	♀	Nordsee
128	„	92 „	0·19	G. 0·43—0·32 K. 0·10—0·20	♀	„

c. Alse oder echter Maifisch, *Clupea alosa.*

Trotz vieler Bemühungen, ein Exemplar von *Clupea alosa* aus Deutschland, Frankreich und Grossbritannien zu erhalten, war es mir unmöglich, einen Fisch dieser Art zu bekommen.

Um die Lücke auf der Tafel so weit als möglich auszufüllen habe ich einen Otolithen von *C. alosa* photographirt, der sich in der von Herrn Dr. Fryd dem zoologischen Institut geschenkten Sammlung von Fischotolithen befand.

Die folgenden Angaben über den Fisch stammen von Dr. Fryd. Datum 19. X. 00. Fundort Nordsee. Länge 210 mm. Gewicht 77 gr. Geschlecht ♂. Alter 3 Jahre. Der Otolith maass 2,6 mm in der Länge; 1,3 mm in der Breite.

d. Die Finte, *Clupea finta.*

Die Art *Clupea finta,* Elf oder Staffhering, ist wie *Clupea alosa,* ein Küstenfisch und steigt die Flüsse hinauf, um zu laichen, und zwar gewöhnlich im Mai. Daher der Name Maifisch, der für *C. alosa* und *C. finta* angewandt wird. *Clupea finta* hat eine weitere Verbreitung als *Alosa,* er kommt im Nil und auch sonst im Mittelmeer vor; ferner an den Küsten Nord-West-Europas nordwärts bis Skandinavien.

In Irland und an den englischen und schottischen Küsten ist er häufig. In der Ostsee kommt er sowohl in der Kieler wie in der Eckernförder Bucht vor.

Die Laichzeit fällt nach Kroyer[1]) und Nilsson[2]) in die Monate Juni und Juli. *Clupea finta* erreicht in der Ostsee eine Länge von 45 cm.

Die aus der Elbe stammenden, auf dem Hamburger Fischmarkt gekauften und von mir untersuchten Exemplare waren 342 bis 476 mm lang.

Das Wachsthum von *C. finta* während des ersten Jahres ist von Ehrenbaum[3]) beobachtet worden. Die im Mai ausgeschlüpften Fische hatten eine Länge von 4,25 mm, am 24. Juni waren sie 12 bis 20 mm,

[1]) Danmarks Fiske. Kjøbenhavn. 1838—1854. 4 vol.
[2]) Skandinavisk Fauna. IV. Fiskarma. Lund 1852.
[3]) Beiträge zur Naturgeschichte einiger Elbfische. Wiss. Meeresuntersuch. Nr. 7. Bd. I. Kiel 1894.

am 13. Juli 44 bis 72 mm, am 17. August 45 bis 83 mm, am 20. September 72 bis 122 mm, Mitte Oktober 77 bis 97 mm lang. Die im September gefangenen über 100 mm langen Fische waren wahrscheinlich verkümmerte Exemplare, die der vorjährigen Generation angehörten.

Ein Vergleich mit den für den Frühjahrshering der Schlei erhaltenen Resultaten zeigt, dass die Entwickelung und das Wachsthum von *C. finta* schneller vor sich gehen als die des Frühjahrsherings.

Die Zahl der Eier bei *C. finta* ist von Vincent[1]) angegeben. Nach Vincent ist *C. finta* fruchtbarer als die nahe verwandte *Alosa*. Dieses rührt von dem Umstande her, dass das Ovarium bei *Finta* verhältnissmässig grösser ist — ungefähr ein Sechstel des Gesammtgewichtes des Fisches — und zweitens von der Thatsache, dass die Eier kleiner sind als bei *Alosa*, nämlich nur 0,5 mm im Durchmesser.

Diese letztere Angabe kann sich wohl nur auf unreife Eier beziehen, da bei *Finta* Nr. 10 der folgenden Tabelle, welches ein vollständig reifes Weibchen war, die Eier 1,5 mm Durchmesser hatten (in physiologischer Kochsalzlösung). Vincent giebt für eine ein Kilogramm wiegende *C. finta* ein Ovarialgewicht von 170 gr und 100 000 Eier an.

Die von mir untersuchten Fische wiesen bei einem Alter von fünf Jahren und in ihrer zweiten Laichperiode eine Zahl von 140 000 bis 180 000 Eiern auf. Cunningham meint, dass *Finta* in einem Alter von zwei Jahren laicht.

Der Otolith von *C. finta* (Fig. 15, 16) ist sehr charakteristisch und ermöglicht leicht die Art von der nahe verwandten *Alosa* zu unterscheiden. Die Spitze in der oberen vorderen Ecke zeigt beim ersten Blick, dass die Otolithen *C. finta* angehören.

Mit *Alosa* hat *Finta* eine Eigenthümlichkeit an dem hinteren Theile der Otolithen gemeinsam, nämlich der dorsale Theil ist stärker entwickelt als der ventrale, während beim Hering der hintere Theil mehr ventral ausgebildet ist (Taf. 3, Fig. 1—9).

Das Rostrum endlich ist bei *C. finta* viel dicker als bei allen anderen Arten der Clupeiden. Die am 9. Mai erhaltenen Exemplare von *C. finta* waren bei weitem die grössten von allen Clupeiden, die mir während meiner Untersuchungen in die Hände kamen.

Nr. 1 wog 1041 gr und war im ganzen 476 mm lang. Es war ein beinahe geschlechtsreifes Weibchen. Der Otolith zeigt vier Jahresringe (Taf. 3, Fig. 16), also steht der Fisch im fünften Lebensjahre.

Nr. 3 zeigt drei deutlich ausgebildete Jahresringe (Taf. 3, Fig. 15) und steht also im vierten Lebensjahr.

Clupea finta.

Nr.	Datum	Länge			Gesammt-Gewicht	Otolithen			Geschlecht	Alter	Bemerkungen
		AB	AC	AD		Länge	Breite	Dicke			
1	9. V. 01	406	423	476	1041,0	3,75	2,0	0,55	♀	5	Vom Hamburger Markt
2	„	381	395	442	855,0	3,75	2,0	0,53	♀	5	
3	„	296	306	342	332,3	3,4	1,7	0,46	♂	4	
4	18. V. 01	295	310	348	326,5	3,4	1,8	0,46	♂	4	„
5	„	326	340	380	503,5	3,35	1,8	0,5	♀	4	
6	„	280	294	334	283,5	3,25	1,55	0,47	♂	4	
7	„	344	359	405	640,5	3,45	1,95	0,55	♀	5	
8	„	380	397	446	756,5	3,25	2,15	0,5	♀	5	
9	„	386	406	451	816,0	4,00	1,95	0,49	♀	5	
10	„	378	400	441	990,0	4,0	1,95	0,54	♀	5	
11	24. V. 01	387	405	464	929,0	3,65	2,05	0,54	♀	5	aus Geestemünde
12	„	371	390	436	768,0	3,95	2,0	0,53	♀	5	
13	„	387	405	455	1043,0	3,60	2,0	0,53	♀	5	

[1]) Notes sur l'Alose. Paris. L. Baudoin. 1895. p. 19.

Clupea finta. Geschlechtsorgane.

Nr.	Länge AD	Gewicht beider Hoden oder Ovarien	Beim ♀ Durchmesser der Eier	Beim ♀ Zahl der Eier	Laichzeit	Bemerkungen
1	476	175,9	1,25	144258	2	
2	442	104,0	1,20—1,25	179960	2	
3	342	29,5	—	—	1	
4	348	27,05	—	—	1	
5	380	66,5	1,0—1,25	88540	1	
6	334	28,0	—	—	1	
7	405	125,7	1,2—1,25	102919	1	
8	446	75,6	0,75—1,25	99676	1	
9	451	95,2	0,72—1,05	163909	2	
10	441	231,0	1,50	107265	2	wahrscheinlich zum Theil abgelaicht.

e. Sardine oder Pilchard, *Clupea pilchardus.*

Vom Pilchard weiss man, dass er im Mittelmeer (bei Marseille) und im englischen Kanal laicht. Die Laichzeit ist nach Marion bei Marseille vom Dezember bis März. Couch und Dunn stimmen beide darin überein, dass der Pilchard wie der Hering zwei Laichzeiten im Jahre hat. Die erste liegt nach Couch im April und Mai, die andere im Oktober.

Nach Dunn fällt die erste Laichzeit in die Monate Mai und Juni, die letzte in den Dezember. In beiden Laichzeiten sei der Laichplatz auf der Höhe der englischen Südwestküste. Nach Cornish dauert die Laichzeit von Februar bis Juni. Cunningham [1]) hält nach seinen bei Plymouth angestellten Beobachtungen August und September und dann wieder November für die Laichmonate, da er zu dieser Zeit reife Pilcharde oder befruchtete Eier gefunden hat. Danach dehnt sich die Laichzeit des Pilchards über den grössten Theil des Jahres aus, und man kann bei ihm, wie beim Hering, zwei Hauptlaichzeiten annehmen — Frühling und Herbst.

Die Eizahl beträgt nach Day [2]) 60000 und der Laichplatz ist 20 bis 50 Meilen von der Küste entfernt. Die eben ausgeschlüpfte Larve ist 3,8 mm lang, und das Wachsthum ist für den Golf von Marseille von Marion und für den englichen Kanal von Cunningham untersucht worden.

Nach Marion beträgt die durchschnittliche Zunahme im ersten Jahre 10 mm pro Monat.

Die jungen Fische vor der Entwickelung der Schuppen sind unter dem Namen „poutino nudo" bekannt. Sie sind von 20 bis 40 mm lang. Bei einer Länge von 40 bis 50 mm bedecken sie sich mit einer silbernen Haut und heissen „poutino vestido". Später werden sie „palailla" oder „sardinettes" genannt. Ihre durchschnittliche Länge beträgt 160 bis 180 mm. Die von der Westküste Frankreichs stammenden Sardinen sind wahrscheinlich ein Jahr alt und noch nicht geschlechtsreif. Die Poutinen von 30 bis 40 mm trifft man im März, Sardinen von 120 bis 130 mm im September. Wenn diese im Februar ausgeschlüpft waren, würden sie im Alter von einem Jahre nach Marion 140 bis 150 mm lang sein, nach Verlauf von zwei Jahren 180 mm, und dann würden sie in ihrem dritten Jahre laichen.

Cunningham hat im November Pilcharde von einer Länge von 50 bis 90 mm gefangen. Dunn sagt, dass Pilcharde von 50 bis 75 mm zwischen September und Weihnachten in der Gegend der Cornischen Küste häufig sind. Im September 1893 fing Cunningham Pilcharde von 70 bis 115 mm. Er nimmt an, dass diese im Mai oder Juni ausgeschlüpft waren, denn er schätzt sie auf höchstens fünf Monate.

Nach den vorliegenden Resultaten scheint also die Wachsthumgeschwindigkeit beim Pilchard grösser zu sein, als beim Hering.

[1]) The life history of the Pilchard. Journ. Mar. Biol. Ass. N. S. III pp. 148—153.
[2]) The fishes of Great Britain and Ireland. London 1880—1884. Vol. 2. S. 228.

Cunningham schliesst, dass einige Pilcharde in ihrem zweiten Jahre bei einer Länge von 200 mm laichen. Der Pilchard hat einen Otolithen, welcher den Clupeidentypus sehr gut ausgeprägt zeigt und beim ersten Anblick schwer von dem des Herings zu unterscheiden ist (Fig. 17, 18). Die Rille und der Ausschnitt (excisura ostii nach Koken) sind deutlich zu sehen. Der ventrale Fortsatz (rostrum nach Koken) ist jedoch schmäler und länger ausgezogen als beim Hering, und dies Merkmal unterscheidet den Otolithen deutlich von dem des Herings. Der innerste Kern des Otolithen erscheint wie beim Hering und den anderen Clupeiden hell bei durchfallendem Licht.

Um die innerste Lage herum zieht sich ein breites dunkles Band, das wieder von einem hellen Ringe umgeben ist. Der Kern, das dunkle Band und der helle Ring entstehen im ersten Lebensjahr des Pilchards. An dem abgebildeten Otolithen sehen wir an der äussern Seite des hellen Ringes, der das Ende des ersten Jahres bezeichnet, ein zweites viel schmäleres dunkles Band, um das sich ein zweiter heller Ring legt. Diese beiden Schichten bilden sich im zweiten Jahr. Es folgt ein dritter Jahresring, der wiederum aus einem dunkeln und einem hellen Ringe besteht. Der vierte Jahresring ist noch nicht vollständig ausgebildet.

Es war für mich schwer, Pilcharde zu bekommen. Die zwanzig auf der nachstehenden Tabelle von mir behandelten Pilcharde wurden mir gütigst von Herrn Dunn aus Mevagissey (Südwestengland) besorgt.

Alle Exemplare waren gleich alt, und zwar standen sie im vierten Jahre. Sie waren grosse wohlgenährte Fische und halbreif, das heisst, sie würden wahrscheinlich im folgenden Juni gelaicht haben. Es war unmöglich Exemplare von anderer Grösse zu bekommen, da wie Herr Dunn mir versicherte, der Fischfang dort mit weitmaschigen Netzen betrieben wird und natürlich nur Individuen gefangen werden, die eine gewisse Grösse überschreiten.

Clupea pilchardus.

Datum	Nr.	Länge			Gesammt-Gewicht	Otolithen			Alter	Geschlecht	Bemerkungen
		AB	AC	AD		Länge	Breite	Dicke			
8. IV. 01	1	219	231	247	102,1	3,75	1,7	0,63	Alle beinahe	♀	aus Mevagissey
	2	210	221	239	98,3	3,85	1,65	0,64	4 Jahre alt	♀	Südwestengland
	3	199	210	228	91,5	3,5	1,65	0,56		♂	
	4	203	213	235	97,9	3,8	1,85	0,62		♀	
	5	177	187	200	77,2	3,45	1,6	0,5		♂	
	6	197	208	230	91,5	3,75	1,65	0,62		♂	
	7	197	208	227	85,7	3,9	1,8	0,59		♀	
	8	202	213	235	81,4	3,45	1,8	0,62		♂	
	9	193	203	220	73,8	3,4	1,75	0,64		♂	
	10	205	217	237	83,7	3,5	1,85	0,68		♂	
	11	184	196	214	76,8	3,6	1,7	0,57		♂	
	12	206	217	241	87,6	3,55	1,75	0,64		♀	
	13	184	194	210	72,1	3,5	1,6	0,58		♀	
	14	195	207	225	88,0	3,65	1,65	0,6		♂	
	15	214	225	245	99,0	3,5	1,85	0,57		♀	
	16	202	212	232	78,2	4,2	1,7	0,63		♀	
	17	209	220	241	89,9	3,7	1,7	0,64		♂	
	18	214	225	246	98,7	3,9	1,65	0,66		♀	
	19	192	203	224	80,3	3,5	1,6	0,58		♂	
	20	193	205	224	86,2	3,5	1,6	0,62		♂	

Die Fischer an der französischen Küste bedienen sich dagegen engmaschiger Netze, und daher werden dort auch jüngere Pilcharde gefangen.

Es mag bemerkt werden, dass „Sardine“ der französische und „Pilchard“ der englische Name für dieselbe Art ist, aber dass die obengedeutete Verschiedenheit der Fangmethode es mit sich bringt, dass

als „Sardine“ der mit engmaschigen Netzen gefangene daher kleinere aus Frankreich stammende Fisch bezeichnet wird; dagegen der mit weitmaschigen Netzen gefangene und daher grössere aus England stammende als „Pilchard“.

Von den 40 untersuchten Otolithen des Pilchards war nur einer abnorm gebaut. Bei ihm war der amorphe kohlensaure Kalk durch krystallinischen ersetzt.

f. Der Anchovis, *Engraulis encrasicholus.*

Die Hauptlaichplätze des Anchovis sind der Zuyder-Zee und das Mittelländische Meer. Wie die andern Clupeiden wird auch der Anchovis zu ganz verschiedenen Zeiten reif, aber die Verschiedenheit rührt davon her, dass die Laichplätze weit von einander entfernt sind, und es ist nicht erwiesen, dass der Anchovis, wie der Hering, in derselben Gegend zwei Hauptlaichzeiten im Jahre hat.

Nach Risso fällt die Laichzeit im Mittelmeer in den April, aber Raffaele giebt für die Laichzeit bei Neapel die Monate Mai bis September an.

Day [1]) stellt fest, dass der Anchovis in der Gegend der britischen Südwestküste während der Monate September und Dezember laicht.

Cunningham [2]) giebt an, dass laichende Anchovis aus der Nachbarschaft von Plymouth nicht beobachtet sind. Weiter nach Norden in der Zuyder-Zee scheint die Laichzeit in die Monate Juni und Juli zu fallen.

Weber und Wenckebach sammelten 1886 Anchoviseier am 6. und 7. Juli im nördlichen Theile des Zuyder-Zee, nördlich der Linie Enkuizen-Stavoren.

Hoffman hält auch Juni und Juli für die Hauptlaichzeit im Zuyder-Zee.

Heincke und Ehrenbaum [3]) haben nach ihrer Angabe ohne Erfolg nach Eiern in der Umgegend von Helgoland gesucht; der letztere Forscher fand Anfang Juni 1891 einen Laichplatz von Anchovis 7 Seemeilen NNW. von Norderney.

Nach Ehrenbaum laicht der Anchovis mehr in der offenen See und sucht die Golfe und seichten Stellen mehr wegen der Nahrung auf, als um zu laichen. Aseroft sammelte befruchtete Eier von Anchovis bei Lythom (W.-England) im Juni. Gelegentlich sind in der Ostsee und auch in der Nähe der norwegischen Küste Anchovis gefunden worden, aber nicht geschlechtsreif.

Während der letzten Monate des Jahres werden Anchovis in der Nähe der Südwestküste von England gefangen. Cunningham glaubt [4]), dass der Anchovis die holländische Küste im Oktober verlasse und in den Kanal ziehe, und dass er im Frühling wieder nordwärts wandere, um zu laichen. Er ist der Ansicht, dass die Temperatur des Wassers eine wichtige Rolle bei der Wanderung des Anchovis spielt. Das seichte, fast ganz eingeschlossene Wasser des Zuyder-Zees unterliegt einem viel grösseren Temperaturwechsel als das im Kanal.

	Juli 1891:	Februar 1892:
Temperatur bei Plymouth	14,5 ° C.	7,3 ° C.
Temperatur im Zuyder-Zee . . .	17,1 ° C.	2,2 ° C.

Diese Angaben sind von Cunningham entlehnt und in Celsiusgrade umgerechnet.

Die Zahl der Eier beim herangewachsenen Anchovis ist unbekannt. Das Maximum, das der Anchovis erreicht, ist 205 mm Länge.

Nach Hoffman [5]) wächst der Anchovis in dem ersten Jahre sehr rasch. Diejenigen Exemplare, welche im Juni oder Juli ausgeschlüpft waren, erreichten bis Ende Oktober eine Länge von 120 mm.

---

[1]) op. cit.

[2]) op. cit. S. 185.

[3]) Eier und Larven von Fischen der deutschen Bucht. II. Die Bestimmung der schwimmenden Fischeier und die Methodik der Eimessungen. Wiss. Meeresunters. d. d. Meere. Abth. Helg. N. F. Bd. III. Heft 2. 1900. S. 265.

[4]) The migration of the Anchovy. Journ. Mar. Biol. Ass. Vol. III. N. S. S. 300—306.

[5]) Verslag von dem Staat der Nederlandsche Zeevisscherijen over 1884.

Hoek's [1]) Angaben stimmen damit überein, Ehrenbaum [2]) und Cunningham [3]) dagegen glauben, dass solche Exemplare bereits im zweiten Jahre stehen, und nach dem, was man vom Wachsthum des Herings und Pilchards weiss, ist dies das Wahrscheinlichere. Larven werden erwähnt vom Zuyder-Zee von Ende Juli. Sie waren 16 bis 30 mm lang; im August waren junge Anchovis von 30 bis 80 mm erwähnt, im September von 50—100 mm, im Oktober von 75 bis 120 mm. Hoffman glaubt, dass der Anchovis im Alter von zwei Jahren laicht.

Für die Otolithen-Untersuchungen Anchovis aus der Ostsee zu bekommen, macht viel Schwierigkeit, da die Fischer bei Eckernförde zum Beispiel keine Anchovis bekommen. Was unter diesem Namen verkauft wird, ist Sprott. Daher musste ich Anchovis aus England kommen lassen. Der Otolith des Anchovis ist typisch für die Clupeiden (Taf. 3 Fig. 19); er ist jedoch länger und schmäler als der des Herings und besitzt an der ventralen Seite eine Anzahl von kleinen Spitzen. Wie sonst bei den Clupeiden erscheint der Kern bei durchfallendem Licht hell und ist von einem breiten dunkeln Bande umgeben; dieses breite dunkle Band ist wiederum von einem hellen Ringe umgeben, welcher das Ende des ersten Lebensjahres bezeichnet. Bei dem Exemplar auf der Tafel bezeichnet ein nun folgendes dunkles Band, das wieder von einem hellen Ringe umgeben ist, den Zuwachs, der während des zweiten Jahres stattfand. Der Anfang eines dritten Bandes zeigt den Beginn des dritten Lebensjahres an. Also steht das Exemplar im dritten Lebensjahre.

		Länge			Otolith					
Nr.	Datum	A B	A C	A D	Länge	Breite	Dicke	Geschlecht	Alter	Bemerkungen.
1	5. IV. 01	124	132	143	3,05	1,5	0,49	♀	3	In Spiritus aus Liverpool.

5. Zusammenstellung der Resultate.

1. Bei den Clupeiden kann man das Alter des Fisches nach den Otolithen bestimmen, und zwar ist dieses die einzige bis jetzt bekannte Methode, nach welcher man das Alter des Fisches mit Sicherheit auch nach dem zweiten Jahre bestimmen kann.
2. Daraus folgt, dass, wenn eine genügende Zahl von Exemplaren untersucht ist, es möglich wird, eine annähernd richtige Angabe von der Länge und dem Gewichte zu geben, die der Fisch in verschiedenem Alter erreicht. Natürlich sind die Schlüsse, die man aus der Länge des Fisches zieht, immerhin noch genauer, als die von dem Gewichte abgeleiteten.

   Beim Hering und Sprott beträgt die durchschnittliche Totallänge (mit Schwanzflosse) in verschiedenem Alter wie folgt:

	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5
Hering	113—121	156—164	190—198	217—225	237—245
Sprott	75—80	110	130	—	—

   Von den anderen Clupeiden konnte, wegen Mangel an Material, keine genügende Zahl von mir untersucht werden, um ähnliche Schlüsse zu ermöglichen; aber es ist klar, dass in allen Fällen die Methode praktisch ist.
3. Die Unterschiede zwischen den Otolithen der einzelnen Clupeidenarten sind konstant und geben ein gutes Mittel ab, die Arten zu unterscheiden, selbst wenn wie beim Hering und Sprott, oder Maifisch und Finte, sonst die morphologischen Unterschiede gering sind.
4. Zwischen Männchen und Weibchen derselben Art existirt kein Unterschied hinsichtlich der Otolithen.

[1]) The fishes of the Zuidersee. Overgedrukt uit het Tijdschrift der Nederlandsche Dierkundige Vereeniging. 1890. p. 79.

[2]) Die Sardelle *(Engraulis encrasicholus* L.) Sonderbeilage zu den Mittheilungen der Sektion für Küsten- und Hochseefischerei. Jahrgang 1892. S. 12.

[3]) Marketable Marine Fishes. p. 184.

5. Ebenso konnte ich durchaus keinen Unterschied zwischen den Otolithen des Frühjahrs- und des Herbstherings der westlichen Ostsee auffinden.

   Da die Otolithen-Untersuchung in diesem Falle vollkommen im Stich liess, da ferner von mir in fast allen Monaten des Jahres geschlechtsreife oder doch nahezu geschlechtsreife Heringe aus der Kieler Bucht konstatirt wurden und da endlich die Unterschiede, die für Herbst- und Frühjahrshering angegeben werden, sich bei meinen Untersuchungen als nicht stichhaltig erwiesen haben, so glaube ich nicht recht an die Möglichkeit der Trennung in zwei Saisonrassen.

6. Die Eizahl einer gegebenen Spezies variirt nach dem Alter und daher auch nach der Grösse und der Laichperiode des Fisches. Es ist daher wahrscheinlich, dass die Verschiedenheit in den Ergebnissen früherer Forscher dem Umstande zuzuschreiben ist, dass Fische von verschiedenem Alter der Untersuchung unterworfen worden sind; so würde es sich vielleicht erklären lassen, dass der Frühjahrshering (nach Fulton's Theorie) fruchtbarer als der Herbsthering sein soll.

7. Für die Wirkung allmählicher Umwandlung einer Meeresbucht in einen Süsswassersee auf die Fauna und Flora haben wir ein gutes Beispiel an dem Windebyer Noor.

8. Die Umwandlung der Fauna und Flora infolge allmählicher Verringerung des Salzgehaltes kann hier genau verfolgt werden. Derjenige Seewasserfisch, der — ausser *Gobius minutus* — am längsten vor dem Aussterben bewahrt bleibt, ist der Hering.

9. Der Wechsel der Lebensbedingungen hat beim Hering des Windebyer Noors einen auffallenden Wechsel in der Beschaffenheit des Fisches hervorgerufen.

   Diese Veränderungen bestehen in

   1. der Weichheit des Fleisches,
   2. der Verringerung der Grösse,
   3. „ „ des Gewichtes,
   4. „ „ der Eizahl.

   Diese Abweichungen bezeichnen einen deutlichen Unterschied zwischen dem Hering des Windebyer Noors und dem der westlichen Ostsee. Hier scheinen wir ein Beispiel dafür zu haben, wie sich allmählich eine Varietät bildet infolge der allmählichen Verringerung des Salzgehaltes. Wie weit in diesem Falle auch der Wechsel der Temperatur und der Nahrung und vor allem noch die mehr oder weniger vollständige Isolirung zur Bildung einer kleinen Varietät des Herings beigetragen haben, ist noch eine offene Frage.

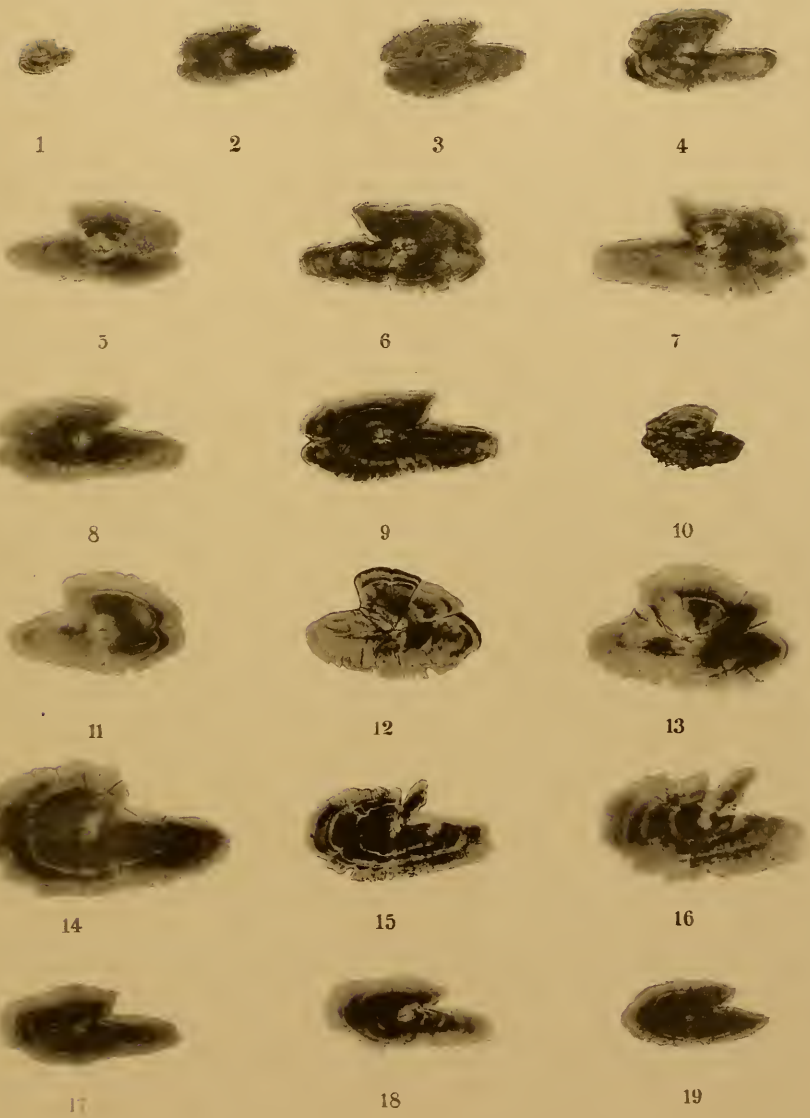
MARINE BIOLOGICAL LABORATORY LIBRARY WOODS HOLE MASS.

Tafel-Erklärung.

Die Figuren 1—9 betreffen Otolithen von *Clupea harengus,*
10—13 solche von *Clupea sprattus,*
14 *Cl. alosa,*
15. 16 *Cl. finta,*
17. 18 *Cl. pilchardus,*
19 *Engraulis encrassicholus.*

Die Nummern der untersuchten Exemplare sind die gleichen, wie in den Tabellen bei den einzelnen Spezies.

Fig. 1. Kieler Hering Nr. 3 (Spiritus-Exemplar). Im ersten Lebensjahre stehend. Vergr. $^{10}/_{1}$.
2. Nordsee-Hering Nr. 279 vom 26. II. 1901. 1 Jahr alt. Vergr. $^{10}/_{1}$.
3. Kieler Hering Nr. 18 vom 29. IX. 1900. Ungefähr 2. Jahre alt. Vergr. $^{10}/_{1}$.
4. Abgelaichter Herbst-Hering der Kieler Bucht Nr. 137 vom Oktober 1900. Im 3. Lebensjahre. Vergr. $^{10}/_{1}$.
5. Halbreifer Kieler Hering Nr. 222 vom Dezember 1900. 3 Jahre alt. Vergr. $^{10}/_{1}$.
6. Reifer Frühjahrs-Hering Nr. 299 vom 7. V. 1901, Kiel, 4 Jahre alt. Vergr. $^{10}/_{1}$.
7. Desgl. Nr. 284 vom 25. IV. 1901, Kiel. Ende des 5. Lebenjahres. Vergr. $^{10}/_{1}$.
8. Desgl. Nr. 286 vom gleichen Datum, Kiel. Im 5. Lebensjahre. Vergr. $^{9}/_{1}$.
9. Eckernförder Herbst-Hering, halbreif, Nr. 170 vom 1. XI. 1900. 4. Jahre alt. Vergr. $^{10}/_{1}$.
10. Kieler Sprott Nr. 98 vom 13. XII. 1900. 3 Jahre alt. Vergr. $^{10}/_{1}$.
11. Eckernförder Sprott Nr. 44 vom 1. XI. 1900. Im 4. Lebensjahre. Vergr. $^{18}/_{1}$.
12. Sprott Nr. 104 aus dem Kaiser Wilhelm-Kanal (Schirnauer See). 28. V. 1897. Spiritus-Exemplar. Im 4. Jahre. Vergr. $^{19}/_{1}$.
13. Kieler Sprott Nr. 100 vom 13. XII. 1900. Im 4. Jahre. Vergr. $^{20}/_{1}$.
14. Maifisch aus der Nordsee vom 19. X. 1900. Ende des 3. Lebensjahres. Vergr. $^{19}/_{1}$.
15. Finte vom Hamburger Markt, Nr. 3 vom 9. V. 1901. 4 Jahre alt. Vergr. $^{11}/_{1}$.
16. Desgl. Nr. 1. 5 Jahre alt. Vergr. $^{11}/_{1}$.
17. Sardine von Südwest-England, Nr. 14 vom 8. IV. 1901. 4 Jahre alt. Vergr. $^{10}/_{1}$.
18. Desgl. Nr. 7 vom gleichen Datum. 4 Jahre alt. Vergr. $^{9}/_{1}$.
19. Anchovis Nr. 1 von Liverpool. (Spiritus-Exemplar). 5. IV. 1901. Im 3. Jahre. Vergr. $^{10}/_{1}$.



Druck von L. Handorff, Kiel.

Bericht

über die chemische und physikalische Untersuchung

des Seewassers

und die Aufstellung der neuen

Hydrographischen Tabellen

von

Martin Knudsen, Carl Forch und S. P. L. Sörensen.

Inhalt.

I. Einleitung. Von Dr. Martin Knudsen 127
II. Einsammeln und Aufbewahren der Wasserproben. Von Dr. Martin Knudsen . . 130
III. Bestimmung des spezifischen Gewichtes. Von Dr. Martin Knudsen 132
IV. Bestimmung des Chlor- und Salzgehaltes. Von Dr. S. P. L. Sörensen 136
V. Volumausdehnung des Seewassers. Von Dr. Carl Forch 143
VI. Berechnung der hydrographischen Tabellen und Diskussion der Ergebnisse. Von Dr. Martin Knudsen 153

I.

Einleitung.

Von

Dr. **Martin Knudsen.**

Die umfassenden Konstantenbestimmungen des Seewassers, auf Grund deren die neuen hydrographischen Tabellen [1]) ausgearbeitet sind, wurden durch eine Resolution veranlasst, die auf der 1899 in Stockholm abgehaltenen internationalen Konferenz zur Untersuchung der nordeuropäischen Meere gefasst wurde [2]).

Es wurde vorgeschlagen, die Arbeiten in der polytechnischen Lehranstalt zu Kopenhagen ausführen zu lassen, und die Ueberwachung derselben einer Kommission, bestehend aus den Herren: Sir John Murray, Knudsen, Pettersson, Nansen, Krümmel, H. N. Dickson und Makaroff übertragen.

Diese Kommission betraute mich mit der Leitung der Arbeiten, worauf ich einen kurzgefassten Entwurf zur Ausführung derselben vorlegte, welchem alle Mitglieder der Kommission alsbald zustimmten.

Gleich nach Schluss der Stockholmer Konferenz im Juni 1899 begann ich mit dem Einsammeln der zu den Untersuchungen zu benutzenden Wasserproben und bestellte die für die Bestimmungen des spezifischen Gewichts nothwendigsten Apparate. Die Vorarbeiten zu diesen Bestimmungen, bei welchen mir Herr Cand. J. P. Jacobsen behilflich war, begann ich im Juli 1899 und setzte sie bis Juli 1900 fast ununterbrochen fort, bis zu welchem Zeitpunkt die Methode endgiltig ausgearbeitet war. Von Ende Februar bis Juli 1900 assistirten mir bei den mit den Vorarbeiten verbundenen Messungen der Norweger Herr Helland-Hansen, sowie die Herren H. J. Hansen und J. N. Nielsen. Herr Helland-Hansen verliess indessen bald Kopenhagen, um an der norwegischen hydrographischen Arbeit theilzunehmen. Im Juli 1900 wurde mit den eigentlichen Bestimmungen des spezifischen Gewichts begonnen, bei denen die Herren J. P. Jacobsen, H. J. Hansen und J. N. Nielsen mir

[1]) Martin Knudsen, hydrographische Tabellen. Kopenhagen bei G. E. C. Gad und Hamburg bei L. Friederichsen & Co. 1901. V und 63 S. 8°.

[2]) Conférence internationale pour l'Exploration de la mer réunie à Stockholm 1899. Pag. 16 F.

behilflich waren, und wurde diese Arbeit Ende Dezember 1900 abgeschlossen. Die mit den Untersuchungen verbundenen Luftanalysen führten Herr J. N. Nielsen und Fräulein B. Trolle aus, während die Berechnungen für die Tabellen, die anfangs Januar 1901 begonnen wurden, ich selbst mit den Herren J. P. Jacobsen, H. J. Hansen, J. N. Nielsen, M. Rasmussen und S. Thomsen übernahm. Bezüglich aller näheren Einzelheiten bei dem Einsammeln der Wasserproben und den Bestimmungen des spezifischen Gewichts verweise ich auf meine ausführlicheren Abhandlungen in den Schriften der k. Dänischen Gesellschaft der Wissenschaften [1]).

Im August 1899 richtete ich an Herrn Dr. S. P. L. Sörensen (Vorsteher der chemischen Abtheilung des Carlsberg-Laboratoriums) die Anfrage, ob er die mit den Konstantenbestimmungen verbundenen chemischen Arbeiten unter eventueller Beihilfe ausführen wolle. Dr. Sörensen erbot sich hierzu und arbeitete einen Entwurf zur Ausführung der Arbeiten aus, welcher später auch im grossen Ganzen befolgt wurde. Im September 1899 wurde Herr Cand. Björn-Andersen zu den chemischen Untersuchungen und Bestimmungen herangezogen und war bis März 1901 ausschliesslich damit beschäftigt. Den grössten Theil der zur Ausführung der chemischen Bestimmungen verfügbaren Zeit nahmen die Vorarbeiten in Anspruch, weil sich sehr oft unerwartete Schwierigkeiten ergaben. Nachdem die genausten Methoden aufgefunden waren, stellte sich heraus, dass jede einzelne Chlorbestimmung so viel Zeit erforderte, dass Dr. Sörensen mit Cand. Björn-Andersen allein diese an den zahlreichen Wasserproben, deren spezifischen Gewichte inzwischen ermittelt worden waren, unmöglich durchführen konnte. Dr. Sörensen arbeitete deshalb eine schnellere, wenn auch nicht ganz so genaue Methode aus, nach welcher Cand. A. Wöhlk die Chlormenge der noch nicht untersuchten Wasserproben bestimmte. Die Feststellung des totalen Salzgehaltes sowie die Vorarbeiten hierzu wurden von Dr. Sörensen ohne weitere als die bei den mit den Salzbestimmungen verbundenen Chlorbestimmungen gehabte Beihilfe durchgeführt, während die Herren H. J. Hansen und H. Goldmann die zu diesen beiden Bestimmungen erforderlichen Berechnungen ausführten. Bezüglich der die Bestimmungen selbst sowie die Vorarbeiten betreffenden Einzelheiten verweise ich ebenfalls auf die Abhandlungen Dr. Sörensens im XII. Bande der Schriften der k. Dänischen Gesellschaft der Wissenschaften.

Nachdem ich einzelne Vorarbeiten zu den Ausdehnungsbestimmungen gemacht und die für diese Bestimmungen nothwendigsten Apparate angeschafft hatte, traf Anfang März 1900 Herr Dr. Carl Forch, Privatdozent an der Technischen Hochschule in Darmstadt, in Kopenhagen ein und begann die erforderlichen Vorarbeiten und die eigentlichen Bestimmungen, die zunächst bis Anfang Mai desselben Jahres fortgesetzt wurden. Da wegen der Verdunstung des Wassers während des Versuches die angewandte Methode mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft war, musste Dr. Forch die Vorarbeiten längere Zeit fortsetzen, sodass die eigentlichen Bestimmungen bis Anfang Mai, wo sein Urlaub ablief, nicht beendet werden konnten. Erst im September 1900 konnte sich Dr. Forch wieder in Kopenhagen aufhalten und die rückständigen Bestimmungen ausführen. Im ganzen wurden 14 Wasserproben untersucht, indem das spezifische Gewicht bei 7 verschiedenen Temperaturen bestimmt wurde, und zwar nahe

[1]) Det kongelig danske Videnskabernes Selskabs Skrifter, 6 Række, naturvidensk. og mathem. Afd. XII. 1.

bei 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25° und 30°. Für jede einzelne dieser 14 Wasserproben berechnete darauf Dr. Forch nach der Methode der kleinsten Quadrate die Volumausdehnung als eine Funktion der dritten Potenz der Temperatur. Bezüglich der hierher gehörenden Einzelheiten verweise ich auf Dr. Forchs nachfolgende Abhandlung (S. 143ff.).

Zum Schlusse sei noch ausdrücklich betont, dass der hier vorliegende Bericht nur den Charakter eines Auszugs trägt, wobei wir natürlich nicht auf alle Einzelheiten, die für die Beurtheilung der Genauigkeit der erlangten Resultate bedeutsam sind, haben eingehen können. Der Auszug soll daher nur zur Orientirung über die Arbeit dienen, und im Uebrigen muss auf die schon erwähnten Originalabhandlungen verwiesen werden.

II.

Einsammeln und Aufbewahren der Wasserproben.

Von

Dr. **Martin Knudsen.**

Ein jeder, der sich der Arbeit des Einsammelns der Wasserproben unterzog, wurde mit einer schriftlichen Instruktion versehen, welche für jedes Meeresgebiet natürlich eine andere sein musste. Nachstehend folgt ein Verzeichniss der untersuchten Wasserproben nebst Angabe von Ort und Zeit, wo dieselben geschöpft wurden.

Wasserprobe Nr.	Länge	Breite	Zeit	Wasserprobe Nr.	Länge	Breite	Zeit
1	57° 39′ N	8° 25′ O	14./4. 1900	20	37° 00′ N	8° 00′ W	17./10. 1900
2	57° 05′ N	3° 00′ O	15./4. 1900	21	36° 46′ N	2° 25′ O	20./6. 1900
3 u. 4	60° 30′ N	4° 30′ W	19./4. 1900	22	32° 32′ N	28° 05′ O	25./6. 1900
5	62° 40′ N	13° 10′ W	April 1900	23	26° 00′ N	35° 06′ O	29./6. 1900
7	56° 15′ N	12° 26′ O	19./4. 1900	25	57° 38′ N	10° 46′ O	27./4. 1900
8	56° 30′5 N	12° 09′ O	19./4. 1900	28	54° 40′ N	11° 58′ O	7./5. 1900
9	55° 52′ N	10° 52′ O	23./4. 1900	29	54° 39′5 N	12° 17′3 O	7./5. 1900
10	56° 53′ N	11° 07′ O	26./4. 1900	30	55° 42′2 N	10° 43′7 O	8./5. 1900
11	Leuchtschiff Schultz's Grund 27,3 m Tiefe		23./4. 1900	32	60° 07′ N	28° 33′5 O	19./7. 1900
				33	62° 07′ N	20° 02′ O	24./7. 1900
12	57° 04′ N	10° 49′ O	26./4. 1900	schwedisch	Tiefe 72 Meter		21./3. 1900
16	71° 36′ N	10° 50′ W	29./6. 1900		57° 44′ N	11° 22′ O	
19	45° 50′ N	7° 49′ W	16./6. 1900	deutsch	33° 20′ N	25° 10′ O	26./9. 1899

Es war natürlich von der grössten Bedeutung, dass sich das Wasser von dem Zeitpunkte des Schöpfens bis zur Untersuchung möglichst wenig veränderte. Um nothwendig eintretende Aenderungen möglichst zu vermindern, traf ich nach Rücksprache mit Dr. Sörensen folgende Maassregeln.

Das Wasser wurde zunächst filtrirt und zwar wurde Filtrirpapier von C. Schleicher & Schüll „Nr. 589 Charta filtratoria acido hydrochlorico et fluorico extracta“ verwandt.

Die zum Verschluss der Flaschen dienenden Pfropfen wurden von der besten Sorte Kork gemacht und wurden konisch zugeschnitten, sodass die Korkfibern senkrecht zur Konusachse standen. Die Korken wurden wiederholt in destillirtem Wasser ausgekocht, bis sich dieses nicht mehr färbte, und dann in passendem Grade getrocknet.

Zur Einsammlung und Aufbewahrung der Wasserproben wurden Flaschen von sechs Liter Inhalt aus grünem Flaschenglase verwendet. Die Löslichkeit des Glases wurde untersucht und nach Präparation als ganz unbedeutend gefunden.

Um die Wasserprobe gegen Verdunstung zu schützen, wurde in die Flasche ein doppelt durchlochter Kork gesetzt, durch den zwei Glasröhren wie in eine Spritzflasche führten. Die eine reichte fast bis an den Boden der Flasche, während das Ende der anderen nur in den Flaschenhals hineinragte. Auf diese Röhren wurden schwarze, ausgewaschene Kautschukschläuche gesetzt, welche mit Quetschhähnen geschlossen wurden und mit einem grossen Glasbehälter in Verbindung standen. Mit einer Wasserluftpumpe wurde dieser fast luftleer gemacht und alsdann nur durch einen Druck auf einen Quetschhahn einen Augenblick mit dem Luftraume der das Meerwasser enthaltenden Flasche verbunden. Solchermaassen wurde über dem Meerwasser ein luftleerer Raum hergestellt, ohne dass ein merkbares Quantum Wasser Zeit bekam, zu verdunsten. Der Kork mit den Glasröhren wurde dann mit geschmolzenem Kitt (einer Mischung von Wachs, Colophonium und Eisenoxyd) übergossen, welcher, wegen der Luftverdünnung in der Flasche, vollständig luftdicht schloss. Die Flasche wurde nun im Laufe einer halben Stunde mehrmals geschüttelt, sodass ein bedeutender Theil der absorbirten Luft an den luftverdünnten Raum abgegeben wurde, und dann erst enthielt die Flasche diejenige Wasserprobe, welche der Gegenstand einer physikalischen und chemischen Untersuchung sein sollte. Sollte etwas von diesem Wasser aus der Flasche entnommen werden, so wurde mittels eines kleinen Kautschukgebläses Luftverdichtung in der Flasche hervorgerufen und das Wasser in dieser Weise hinausgetrieben. Es wurde niemals Saugung angewandt, weil durch diese eine schädliche Verdunstung entstehen konnte.

III.

Bestimmung des spezifischen Gewichtes.

Von

Dr. **Martin Knudsen.**

Für die Bestimmungen der spezifischen Gewichte wurde die Pyknometermethode gewählt, und da sich die Bestimmungen am leichtesten bei 0° ausführen lassen und bei dieser Temperatur die grösste Genauigkeit zu erhalten ist, indem man sich vom Thermometer unabhängig macht, wurde das spezifische Gewicht aller Wasserproben bei 0° bestimmt.

Es war gefordert, dass weiterhin die Ausdehnung des Meerwassers durch Wägung eines ins Wasser versenkten Körpers bestimmt werden sollte. Wenn man mit Meerwasser von bedeutendem Salzgehalte arbeitet, werden sich bei dieser Methode wegen der Verdunstung leicht Fehler einschleichen können. Es war deshalb erwünscht, durch zwei Bestimmungen des spezifischen Gewichtes bei verschiedenen Temperaturen die Ausdehnungskoëffizienten kontrolliren zu können. Ausser 0° wurde als Temperatur, welche in der Hydrographie vielfach angewandt wird, 17,5° zu diesem Zwecke gewählt. Es stellte sich indessen heraus, dass es unmöglich war, diese Temperatur zu benutzen, weil mehrere Bestimmungen im Sommer ausgeführt werden mussten und es natürlich nothwendig war, die Temperatur so zu wählen, dass sie auch dem Arbeitsraum gegeben werden konnte. Aus diesem Grunde wurde 25° gewählt, und es zeigte sich, dass die Temperatur im Laufe des Sommers nur ein Mal höher stieg.

Die Bestimmungen der spezifischen Gewichte bei 0° und 25° wurden in einem Raum des Erdgeschosses der polytechnischen Lehranstalt vorgenommen. Um die Waage fest aufstellen zu können, wurden die Dielenbretter gerade über einem Pfeiler im Keller weggenommen und der Tisch der Waage auf diesem Pfeiler, welcher mit Beton bis zur Höhe des Fussbodens aufgebaut wurde, aufgestellt.

Sowohl aus Rücksicht auf die Wägungen, als auch um die Temperatur des Wasserbades konstant zu halten, wurde im Zimmer ein automatischer Thermoregulator eingerichtet. Zur Erwärmung wurden Gasöfen benutzt, und wenn die Temperatur etwa 25° erreichte, liess ein Chloräthylthermometer die Zuleitung des Gases zum Theil aufhören, sodass die Temperatur wieder sinken konnte, bis das Thermometer aufs neue das Gas zuströmen liess. Das Thermometer wurde dicht an der Waage und dicht an dem Wasserbade aufgestellt.

Die Pyknometer waren aus Jenaer Normalglas 59^{III} gemacht, und fassten ca. 60 ccm. Der Pyknometerbehälter A (Fig. 1) war eine U-förmig gebogene Röhre. Die Röhrenstücke BB hatten einen inneren Querschnitt von 0·5 mm^2 und waren ca. 8 cm lang. Sie waren mit Millimetertheilung versehen und konnten oben mit zugeschliffenen Hütchen dicht verschlossen werden. An der Rückseite jedes einzelnen Rohrstückes wurde ein einzelner feiner Strich zur Benutzung bei den Parallaxebestimmungen angebracht.

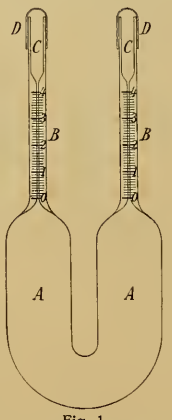


Fig. 1.
1/2 natürlicher Grösse.

Folgende Konstanten der Pyknometer wurden bestimmt: Das Gewicht des leeren Pyknometers mit den Hütchen, der Rauminhalt der Glasmasse, der Rauminhalt des Pyknometerbehälters bis zu beiden Nullstrichen, die Rauminhalte jedes Theilstriches von den Nullstrichen gerechnet, der Compressibilitätskoëfficient der Glasmasse, die Veränderungen des Rauminhaltes des Pyknometerbehälters bei äusserem und innerem Druck, die Lage der Parallaxenstriche an der Rückseite der Pyknometerröhren, und endlich der thermische Ausdehnungskoëfficient der Glasmasse für das Pyknometer, welches für die Bestimmungen bei 25° benutzt werden sollte.

Diese Konstanten wurden in gewöhnlicher Weise bestimmt; so wurden z. B. die Rauminhalte von den Nullstrichen zu jedem Theilstriche durch Bestimmung der Theilungsfehler, durch Wägung mit Quecksilber und Kalibriren mit einem 1 cm langen Quecksilberfaden ermittelt.

Für die Temperaturbestimmungen wurde ein Stabthermometer von Jenaer Normalglas 59^{III} verwendet. Die Skalentheile waren Zehntelgrade, gingen von $-5°$ bis zu 42° und erstreckten sich über 38 cm; es wurde vollständig untersucht, kalibrirt und mit einem alten Normalthermometer verglichen.

Zu den Wägungen wurde eine Waage mit umtauschbaren Schalen benutzt. Der Zeiger war mit einer Skala versehen, welche durch ein in der Vorderseite des Waagekastens fest angebrachtes mit Fadenkreuz versehenes Mikroskop, zehnfach vergrössert, abgelesen werden konnte. Die Wägungen wurden mit besonderen Vorsichtsmaassregeln ausgeführt, und es zeigte sich, dass die Vergleichung der Gewichtsstücke mit einem mittleren Fehler von 0·0038 mgr durchgeführt wurde. Um den schädlichen Einfluss des Auftriebes zu vermindern, wurden bei allen Pyknometerwägungen besondere Tarirkörper verwendet, wodurch auch andere und sehr bedeutende Vortheile erreicht wurden. Bei den Ablesungen des Thermometers und der Pyknometer wurde ein Ablesefernrohr mit Okularmikrometer verwendet.

Die mit Wasser gefüllten Pyknometer standen 16 bis 18 Stunden in Bädern (Eis- und Wasserbad), auf deren Einrichtung wir hier nicht näher eingehen können; dann wurde der Stand des Wassers in den Pyknometerröhren abgelesen, die Temperatur bestimmt und die Pyknometer gewogen. Eine Ablesung des Pyknometerstandes erforderte ungefähr 20 Minuten, das Wägen 4 bis 6 Stunden. Hierbei waren viele Einzelheiten zu berücksichtigen, durch welche die Genauigkeit der Methode bedingt ist, deren Besprechung aber hier zu weit führen würde.

Jeden Tag wurden zwei Bestimmungen des spezifischen Gewichtes ausgeführt, die eine bei 0^0, die andere bei ca. 25^0. Die Pyknometer wurden mit destillirtem Wasser gefüllt, dessen spezifisches Gewicht auf dieselbe Weise, wie die des Seewassers, bestimmt wurde. Am nächsten Tage wurden die Bestimmungen an Seewasser ausgeführt, am dritten Tage dieselben wiederholt und am vierten Tage wieder eine Bestimmung an destillirtem Wasser u. s. w. Diese Bestimmungen an destillirtem Wasser wurden ausgeführt, um dadurch Korrektionen für eine Reihe systematischer Fehler zu bekommen.

Aus den Wiederholungen ergab sich, dass der mittlere Fehler beider Bestimmungen bei 0^0: 0·00000072 und bei $24{,}6^0$: 0·00000113 betrug. Die folgenden Tabellen a und b geben die Resultate der Bestimmungen, indem $\sigma_t = 1000\ (s_t - 1)$, wobei s_t das spezifische Gewicht des Wassers bei t^0, bezogen auf destillirtes Wasser bei 4^0, bedeutet.

Tabelle a.

Wasserprobe	σ_0	$\sigma_{24\cdot6}$	Wasserprobe	σ_0	$\sigma_{24\cdot6}$
23	32·2927	27·3874	11	25·9879	21·4821
22	31·0945	26·2667	25	23·2570	18·9276
21	29·6464	24·9065	12	20·7595	16·5899
20	29·4394	24·7154	10	18·6457	14·6188
19	28·7039	24·0281	8	15·7856	11·9539
3	28·4357	23·7717	9	15·1123	11·3262
4	28·4310	23·7680	7	14·6930	10·9399
2	27·9777	23·5310	30	11·7445	8·1932
Schwedische	27·2546	22·6687	28	8·4686	5·1491
1	26·9907	22·4189	29	6·6828	3·4900
16	26·3304	21·8020	33	4·2251	1·2087
			32	2·0926	—0·7624

Tabelle b.

Wasserprobe	σ_0	$\sigma_{24\cdot6}$	Wasserprobe	σ_0	$\sigma_{24\cdot6}$
$4\ F_{1a}$	15·1215	11·3341	$4\ F_{3a}$	2·0877	— 0·7710
$4\ F_{1b}$	14·8327	11·0650	$4\ F_{3b}$	2·0828	— 0·7772
$4\ F_{2a}$	6·5354	3·3517	Dr. Forchs		
$4\ F_{2b}$	6·5442	3·3600	Probe	2·5272	— 0·3625

Die in die Tabelle b eingetragenen Resultate beziehen sich auf Verdünnungsproben, die aus Probe Nr. 4 durch Zusatz einer bekannten Menge destillirten Wassers hergestellt wurden.

Mittels der Methode der kleinsten Quadrate ergiebt sich aus der Tabelle, dass man

$$\sigma_{24\cdot6} = -2{\cdot}8273 + (\sigma_0 + 0{\cdot}1324)\ (1 - 0{\cdot}074475 + 0{\cdot}00019766\ (\sigma_0 - 0{\cdot}1324))$$

mit hinreichender Genauigkeit setzen kann.

Durch diese Formel wurden aus den observirten Werthen von $\sigma_{24\cdot6}$ berechnete Werthe für σ_0 gebildet. Aus diesen berechneten und den direkt observirten Werthen für σ_0 wurde die Mittelzahl genommen, indem dem observirten σ_0 das Gewicht 1 und dem berechneten σ_0 das Gewicht 0·41 gegeben wurde. Die so gefundenen Mittelzahlen sind dann die endgültigen Werthe von σ_0, die für alle übrigen an den Wasserproben vorgenommenen Beobachtungen maassgebend gewesen und welche deshalb als die für die betreffenden Wasserproben gültigen und charakteristischen σ_0 zu betrachten sind. Diese Werthe wurden dementsprechend bei der Berechnung der Beziehungen zwischen Chlormenge, Salzgehalt und spezifischem Gewichte angewandt.

IV.

Bestimmung des Chlor- und Salzgehalts.

Von

Dr. **S. P. L. Sörensen.**

Chlorbestimmung.

Im allgemeinen wird die Chlormenge im Meerwasser entweder auf die titrimetrische oder auf die gewichtsanalytische Weise bestimmt. Bei der ersteren Methode wird die zur Fällung der ganzen Halogenmenge in einem gewissen Quantum Meerwasser nöthige Gewichtsmenge Silbernitrat bestimmt, und der daraus berechnete Chlorgehalt ist einfach die mit dem verbrauchten Silbernitrat äquivalente Chlormenge. Bei der gewichtsanalytischen Methode wird die ganze Halogenmenge des Meerwassers ebenfalls in Gestalt von Silbersalzen gefällt und dieselben werden nach Abfiltrirung, gehörigem Auswaschen und Trocknen gewogen. Die gewogenen Niederschläge bestehen freilich hauptsächlich aus Silberchlorid, enthalten aber auch erkennbare Mengen Silberbromid und Spuren von Silberjodid. Bei der Berechnung der Chlormenge wird man jedoch gewöhnlich keine Rücksicht darauf nehmen; man berechnet den Chlorgehalt unter der Voraussetzung, dass die Niederschläge reines Silberchlorid sind. Natürlich erhält man durch diese Berechnung einen Werth der Chlormenge, der sich von dem durch die titrimetrische Methode erhaltenen unterscheidet; der Unterschied wird für Meerwasser mit einem Bromgehalt von $^1/_{300}$ der Chlormenge ungefähr $^1/_{2000}$ der ganzen Chlormenge sein. Nur wenn die Silbersalze vor der Wägung in einem Chlorstrom geglüht und dadurch in reines Silberchlorid umgebildet werden, wird der durch die Gewichtsanalyse gefundene Chlorgehalt dem durch die Titrirung gefundenen entsprechen.

Keine der beiden hier erwähnten Methoden wird aber das wirkliche Gewicht aller im Meerwasser befindlichen Halogene liefern; um dieses zu finden, wird es nöthig sein, nicht nur die mit der gesammten Halogenmenge äquivalente Silbermenge, sondern auch — abgesehen von der geringen Jodmenge — das Verhältniss zwischen der Chlor- und der Brommenge zu bestimmen. Da indessen die wirkliche Halogenmenge kein wesentlich grösseres Interesse als einer der durch die oben erwähnten Methoden gefundenen Werthe der Chlormenge darbietet, und da die Bestimmung der wirklichen Halogenmengen mehr Operationen fordert und deshalb

auch mehr Fehlerquellen veranlasst, als die einfachen oben erwähnten Methoden, so ist eine derselben als „Chlorbestimmungsmethode“ gewählt worden. Bei der Wahl zwischen der titrimetrischen und der gewichtsanalytischen Methode wird man im voraus geneigt sein, der letzteren die grössere Genauigkeit beizumessen, und dies ist sicher auch richtig, wenn von Bestimmungen, in gewöhnlicher titrimetrischer oder gewichtsanalytischer Weise ausgeführt, die Rede ist. Durch das bei dieser Arbeit benutzte gewichtstitrimetrische Verfahren wird indessen eine so grosse Genauigkeit erzielt, dass diese Methode vorgezogen wurde, weil sich die Ausführung derselben leichter gestaltet, als die einer Gewichtsanalyse. Unter Chlormenge versteht man deshalb das Gewicht einer mit der in 1 Kilo Meerwasser befindlichen, gesammten Halogenmenge äquivalenten Chlormenge.

Bei der Ausführung der gewichtstitrimetrischen, auf der Methode Volhard's basirten Chlorbestimmung wurden benutzt:

a) eine Silbernitratlösung, deren Stärke eine solche war, dass ein Kubikcentimeter ungefähr einem Kubikcentimeter Meerwasser von 35 ‰ Salzgehalt entsprach (starke Silbernitratlösung),
b) eine ca. $^1/_{20}$-normale Silbernitratlösung (schwache Silbernitratlösung) und
c) eine ca. $^1/_{20}$-normale Ammoniumrhodanidlösung.

Die Stärke der schwachen Silbernitratlösung im Verhältniss zu der Ammoniumrhodanidlösung und die Stärke dieser Lösung im Verhältniss zu der starken Silbernitratlösung wurde durch Gewichtstitrirung bestimmt, welche auf dieselbe Weise wie die Schlusstitrirung bei einer Chlorbestimmung (s. unten) ausgeführt wurde, und durch dasselbe Verfahren wurde die Stärke der starken Silbernitratlösung mit reinem Kaliumchlorid als Urtitersubstanz bestimmt. Betreffs der Einzelheiten der sehr umständlichen Herstellung dieses reinen Kaliumchlorids wird auf die ausführliche Beschreibung in den Schriften der Kgl. dänischen Akademie der Wissenschaften hingewiesen. Von Chlorbestimmungen wurden zwei Reihen ausgeführt. Bei der ersten von H. Björn-Andersen ausgeführten Versuchsreihe wurde folgendermassen verfahren: Die Meerwasserprobe, deren Chlormenge durch eine vorläufige Bestimmung annähernd gegeben war, wurde in einer Wägebürette von passender Form und Grösse — sie fasste ca. 160 ccm — bei Beobachtung von Temperatur und Druck während der Wägungen — abgewogen; auf dieselbe Weise wurde ein wenig mehr starke Silbernitratlösung als nöthig zur Fällung der Chlormenge abgewogen. Die beiden abgewogenen Flüssigkeiten, das Seewasser und die Silbernitratlösung, wurden in einem Kolben durch heftiges Schütteln gemischt, nachdem erstere mit Salpetersäure angesäuert war, und die so gebildete Mischung blieb bis zum nächsten Tag in einem völlig dunklen Raum stehen, wonach sie in einem durch rotes Licht erleuchteten Raum filtrirt und das Chlorsilber mit destillirtem, nöthigenfalls salpetersaurem Wasser rein gewaschen wurde. Das Filtrat und das Waschwasser wurden im Wasserbad bis zu einem ganz kleinen Rauminhalt eingedampft, wonach das anwesende Silbernitrat — ohne Rücksichtnahme auf die bei der Eindampfung ausgeschiedene geringe Menge Chlorsilber — bestimmt wurde mittels der schwachen Lösungen von Ammoniumrhodanid und Silbernitrat in Wägebüretten, die sowohl vor als nach der Titrirung gewogen wurden. Die letztere ging folgendermassen vor sich: Der vom Chlor-

silber getrübten Flüssigkeit wurden nach der Vorschrift Volhards Ammoniumferridsulfat und reine ausgekochte Salpetersäure zugesetzt, dann Ammoniumrhodanidlösung auf Roth und endlich Silbernitratlösung, bis die Farbe wieder vollständig verschwunden und ein ganz geringer Ueberschuss an Silbernitrat vorhanden war. Hierdurch wird erreicht, dass alles Ammoniumrhodanid und jede Spur von anwesendem Chlorid oder Cyanid gefällt wurden; wenn darauf eine Filtrirung stattfand und das Silberrhodanid mehrmals mit Wasser gewaschen wurde, konnte im Filtrat der Uebergangspunkt von farbloser in rothe Flüssigkeit leicht festgestellt werden. Es wurde auf farblose Flüssigkeit titrirt. Dass der Uebergangspunkt wirklich innerhalb der Titrirfehlergrenze lag, ergab sich durch wiederholte Filtrirung und durch Theilung des Filtrats in zwei gleiche Theile; die eine Hälfte sollte dann beim Zusetzen eines Tropfens Silbernitratlösung die Farbe nicht verändern, während die andere Hälfte beim Zusetzen eines Tropfens Ammoniumrhodanidlösung in eine selbst nach Stunden haltbare rothe Farbe umschlagen sollte.

Als sich herausstellte, dass die Zeit nicht hinreichen würde, um durch diese überaus genaue, aber zugleich sehr langsame Methode so viele Chlorbestimmungen, wie erwünscht, zu machen, wurde von A. Wöhlk die zweite Reihe Chlorbestimmungen ausgeführt. Die Abwägung des Meerwassers und der Silbernitratlösung wurde in einem Kolben gemacht, wogegen die schwache Silbernitratlösung und Ammoniumrhodanidlösung nicht abgewogen, sondern gemessen wurden. Durch diese Aenderungen wurde die Methode, die hinsichtlich des Titrirungsprinzips ganz wie oben dargestellt blieb, etwas vereinfacht, ohne jedoch die Genauigkeit in zu hohem Grad einzubüssen. Die grösste Abweichung zwischen zwei Bestimmungen der in demselben Meerwasser enthaltenen Chlormenge war niemals über $^1/_{2000}$ und gewöhnlich unter $^1/_{3000}$ der ganzen Chlormenge; bei der ersten Versuchsreihe, aus welcher es nur wenige Doppelbestimmungen giebt, war die grösste Abweichung ca. $^1/_{10000}$ der ganzen Chlormenge, ausgenommen eine Wasserprobe mit nur 3 ‰ Chlor, wo die Bestimmungen eine Abweichung von $^1/_{2400}$ zeigten.

Um die Genauigkeit der Methode ferner zu kontrolliren, wurden in einer einzelnen Meerwasserprobe theils eine gewichttitrimetische Chlorbestimmung auf die gerade beschriebene Weise, theils zwei gewichtsanalytischen Chlorbestimmungen wesentlich dem von Stas [1]) empfohlenen Verfahren gemäss ausgeführt. Die Analysen wurden von H. Björn-Andersen ausgeführt und gaben folgendes, völlig befriedigende Resultat:

In 1 kg Meerwasser durch Titrirung: 19.3798 gr Chlor gefunden
„ 1 „ „ „ Gewichtsanalyse Nr. 1: 19.3782 „ „ „
„ 1 „ „ „ „ „ 2: 19.3796 „ „ „

Die **Bestimmung des Salzgehalts** erfolgte auf die nachstehend entwickelte Art.

Unter Salzgehalt des Meerwassers versteht man im allgemeinen, wenn keine weiteren Aufschlüsse gegeben werden, die Gewichtsmenge aller in einem bestimmten Einheitsgewicht, z. B. 1 Kilogramm, Meerwasser gelösten Salze. Diese Definition des Salzgehalts ist also sehr einfach und wäre anderen mehr komplizirten vorzuziehen, wenn man in irgend einer leichten und genauen Weise die Salzmenge im hier erwähnten Sinne bestimmen könnte. Schon

[1]) Jean-Servais Stas: Oeuvres complètes (1894) t. I pag. 816.

Forchhammer macht in seinem berühmten Werk: „Om Søvandets Bestanddele og deres Fordeling i Havet“ [1]) darauf aufmerksam, dass es ihm durch Eindampfen von Meerwasser und Erhitzen des überschüssigen Salzes, bis alles Wasser ausgetrieben ist, nie gelungen ist, übereinstimmende Ergebnisse zu erreichen, weil schon Salzsäure mit der letzten Portion Wasser fortgeht. Und wie mit der Salzsäure, so geht es in noch höherem Grad, wie Tornøe [2]) es nachgewiesen hat, mit der Kohlensäure, so dass es durch Eindampfen und Trocknen des Rückstands bei passender Temperatur unmöglich ist, den wahren Salzgehalt des Meerwassers zu bestimmen. Das Verfahren Forchhammers um die Salzmenge zu bestimmen, war denn auch ein anderes, indem er jeden einzelnen Bestandtheil des Meerwassers bestimmte und die Summe derselben als Salzmenge bezeichnete. Diese Methode, welche auch bei späteren Salzbestimmungen bisweilen Anwendung gefunden hat, ist prinzipiell tadellos, aber praktisch bei weitem nicht fehlerfrei; sie fordert viele Operationen, ist deshalb sehr zeitraubend und veranlasst bei jeder Bestimmung Fehlerquellen. Tornøe [3]) und nach ihm die meisten späteren Forscher sind einem anderen Verfahren gefolgt, indem sie ein allgemeines Eindampfen des Meerwassers unternehmen und darauf den Eindampfungsrückstand bis zur Rothgluth erhitzen, um die letzte Spur von Wasser auszutreiben, worauf das Gewicht des Glührestes + einer Korrektion für den Verlust an Salzsäure und Kohlensäure die Salzmenge giebt. Diese Methode muss sicher der ersteren vorgezogen werden, und wenn es nicht sehr genaue Bestimmungen gilt, sind die hinlänglich genauen Korrektionen verhältnissmässig leicht zu finden. Das Verfahren Tornøes z. B. ist wie folgt: In einem mit dichtschliessendem Deckel versehenen, dicken, gewogenen Porzellantiegel werden 30—40 gr Meerwasser eingewogen, das auf einem Wasserbad eingedampft wird. Nachdem der Salzrest einigermassen getrocknet ist, wird der Tiegel mit aufgesetztem Deckel ca. 5 Minuten durch eine Bunsenlampe erhitzt, wieder abgekühlt und gewogen. Darauf wird durch Titrirung mit Rosolsäure als Indikator die Menge der durch Eindampfen und Glühen gebildeten Magnesia bestimmt; die Korrektion, zum Gewicht des Salzrestes addirt, ist einfach die durch Titrirung gefundene Magnesiamenge mit 1,375 multiplizirt, weil $\frac{Cl_2 \div 0}{Mg\ 0} = \frac{55}{40} = 1.375$, und weil keine Rücksicht darauf genommen ist, dass für die von der Zersetzung des Magnesiumcarbonats herrührende Magnesia ein anderer Korrektionskoeffizient als der für das Magnesiumchlorid geltende 1.375, benutzt werden muss. Bei einigen vorläufigen Versuchen ergab es sich schnell, dass die bei der erwähnten Untersuchung zu erstrebende Genauigkeit durch die Methode Tornøes ohne Aenderungen nicht erzielt werden konnte; theils musste die Methode selbst geändert werden, und theils wurde es nothwendig, Rücksicht darauf zu nehmen, dass während des Eindampfens und des Glühens nicht nur Chlorwasserstoff, sondern auch Kohlensäure, ja wahrscheinlich auch wägbare Mengen Bromwasserstoff verloren gingen. Ein einzelner Korrektionskoeffizient war unter diesen Verhältnissen nicht hinreichend; eine genaue Korrektion setzte nicht nur eine Titrirung der gebildeten Magnesia, sondern auch eine Bestimmung der

[1]) Universitetsprogram i Anledning af H. M. K. Fødselsdag 1859 p. 21. Kjøbenhavn.
[2]) Den norske Nordhavs-Expedition 1876—1878. Chemi II.
[3]) Den norske Nordhavs-Expedition 1876—1878. Chemie III.

Karbonatmenge vor der Eindampfung und der Brommenge vor und nach der Eindampfung voraus. Da diese zahlreichen Bestimmungen nicht nur viel Zeit rauben, sondern auch Fehlerquellen veranlassen müssen, wurde vorgezogen, die Salzmenge oder den Begriff Salzgehalt etwas anders zu definiren und in Uebereinstimmung damit die Salzbestimmung in solcher Weise auszuführen, dass man diesen Korrektionen entgehen konnte. *Unter Salzmenge versteht man also im folgenden: Die Gewichtsmenge der in 1 Kilo Meerwasser befindlichen, gelösten festen Stoffe, mit der Beschränkung, dass man alles Brom durch eine äquivalente Menge Chlor ersetzt, alles Karbonat in Oxyd umgebildet und alle organischen Stoffe verbrannt denkt.*[1]) Diese Definition giebt der Salzmenge einen geringeren Zahlenwerth als die gewöhnliche, doch ist der Unterschied keineswegs gross und ausserdem wenig variirend, weil die beiden Faktoren, auf welchen der Unterschied beruht, die Karbonat- und die Bromidmenge des Meerwassers, in leidlich starkem salzhaltigem Meerwasser nur wenig schwanken. Nimmt man z. B. eine Meerwasserprobe von 1 kg Gewicht, mit einem Bromgehalt von 65 Milligramm und mit einem Gehalt von 52 Milligramm neutral gebundener Kohlensäure, und findet sich die Salzmenge, wie sie oben definirt ist, gleich 35‰, so wird die thatsächliche Salzmenge (die Karbonate als normale Karbonate gerechnet) 35.088 ‰ sein, der Unterschied ist nahezu $^1/_{400}$ der ganzen Salzmenge, also bei gewöhnlichen Bestimmungen kaum oder gerade erkennbar.

Der Vortheil, den die neue Definition der Salzmenge bietet, ist alsdann, dass man, ohne den früheren Zahlenwerth der Salzmenge besonders zu ändern, sowohl eine scharfe Definition von dem, was man unter Salzmenge versteht, geben, als auch eine Bestimmungsart erreichen kann, welche die Definition vollständig erfüllt.

Bei den Vorarbeiten zeigte sich, theils dass es möglich war, den organischen Stoff durch Chlor zu oxydiren, theils dass eine einzelne Eindampfung von 150 ccm Meerwasser mit 10 ccm gesättigtem Chlorwasser zum halben Rauminhalt genügte, um fast jede Spur des Broms zu vertreiben, und dass dies völlig erzielt wurde, wenn man die Eindampfung mit Chlorwasser wiederholte. Zum qualitativen Nachweis geringer Mengen Brom neben grossen Mengen Chlor wurde eine neue überaus scharfe Prüfung verwendet. Um die Temperatur zu bestimmen, die zu der absoluten Vertreibung des Wassers aus dem Salzreste nothwendig war, wurde eine abgewogene Menge reines Natriumchlorid in Wasser gelöst, die Lösung zur Trockne eingedampft und der Rest bei steigender Temperatur in einem Trockenkasten getrocknet. Es zeigte sich dann, dass das Wasser selbst nicht nach zweimal 12 Stunden Erwärmung bei 300° C völlig ausgetrieben war; erst nach 12 Stunden Erwärmung bei 380° C war dies der Fall, und kein weiterer Verlust an Gewicht fand statt, wenn der Rest auch längere Zeit bei dieser Temperatur

[1]) Ohne auf die Methode der Salzbestimmung weiter einzugehen, die später behandelt wird, werde ich hier des Verständnisses wegen nur die Hauptzüge des Verfahrens kurz erwähnen: Die Meerwasserprobe, deren Chlorgehalt bekannt sein muss, wird nach Zusatz von Salzsäure und Chlorwasser eingedampft; dadurch wird alles Brom und die Kohlensäure ausgetrieben, und die organischen Stoffe werden oxydirt. Nach Eindampfung zur Trockne und nach Erhitzen, bis alles Wasser ausgetrieben ist, wird der Rückstand gewogen und danach in schwacher Salpetersäure gelöst, worauf die Chlormenge titrirt wird. Aus letzterer Chlorbestimmung, mit der Chlormenge der vorliegenden Meerwasserprobe vor der Eindampfung verglichen, sieht man gleich, dass beim Erhitzen eine beträchtliche Menge Chlorwasserstoff weggegangen ist, und die zum gefundenen Salzgewicht zu addirende Korrektion ist dann nur die Differenz zwischen den beiden Chlorbestimmungen multiplizirt mit $\frac{Cl_2 + 0}{Cl_2} = \text{ca } \left(1 - \frac{16}{71}\right) = \text{ca } \frac{55}{71}$.

stehen blieb. Ebenso verlor durch Aufwärmung bis 380° C reines Magnesiumsulfat alles Wasser im Verlaufe von 24 Stunden, während der Verlust an Schwefelsäure bei dieser Erwärmung qualitativ nachweisbar, aber quantitativ ohne Bedeutung, selbst nach dreimal 24 Stunden, war.

Es wurden zwei Reihen von Bestimmungen des Salzgehalts ausgeführt. Bei der ersten wurde, entsprechend dem eben Gesagten, der Salzrest in dreimal 24 Stunden bei 380° C. getrocknet, ehe die endgiltige Wägung stattfand. Durch weitere Kontrollversuche stellte sich indessen heraus, dass Mischungen von Natriumchlorid und Magnesiumsulfat noch nach dreimal 24 Stunden Erwärmung bei 380° C. so viel Wasser enthielten, als ungefähr $^1/_{1600}$ des Gewichts der angewandten Salze entsprach, wahrscheinlich als basisches Magnesiumchlorid, welches erst bei noch stärkerer Erwärmung Chlorwasserstoff abgeben und in Magnesia übergehen würde. Eben auf dieselbe Weise verhielt sich eine Mischung von Natriumchlorid, Magnesiumsulfat und Magnesiumchlorid — abgewogene reine Magnesia in Salzsäure gelöst; zur Austreibung des Wasserstoffs musste der Salzrest in zweimal 24 Stunden bei 480° C. getrocknet werden; Kontrollversuche zeigten, dass auch Magnesiumsulfat bei einer solchen Erwärmung nicht Schwefelsäuremengen von Bedeutung verlor.

Bei der zweiten, im Februar 1901 abgeschlossenen Reihe wurde daher der Salzrest zuletzt in zweimal 24 Stunden bei 480° C. getrocknet, ehe die endgiltige Wägung stattfand, und nur die hierdurch gewonnenen Bestimmungen sind der Berechnung der Tabellen zu Grunde gelegt.

Doch ist noch zu bemerken, dass es sich — wie übrigens zu erwarten war — gezeigt hat, dass das Meerwasser seine Salze bei der Eindampfung ausscheidet als Mischungen von Sulfaten und Chloriden in ganz bestimmten Verhältnissen, die von den im betreffenden Meerwasser enthaltenen Mengen der verschiedenen Salze abhängen. Verschiedene Proben desselben Meerwassers werden also einen Salzrest von gleicher Beschaffenheit liefern, und falls obiger Schluss richtig ist, dass bei 380° C. eigentliches Wasser nicht zurücksteht, sondern nur basisches Magnesiumchlorid, welches bei 480° C. den Wasserstoff als Chlorwasserstoff abgiebt, so ist es für die bei der ersten Versuchsreihe gewonnenen Ergebnisse leicht zu berechnen, wie gross dieser Inhalt von basischem Magnesiumchlorid ist, indem das bei 480° C. durch einen andern Versuch ermittelte Salzgewicht für dasjenige genommen wird, welches man erhält, wenn alles basische Magnesiumchlorid in Oxyd übergegangen ist. Werden die auf Grund solcher Berechnungen gefundenen Korrektionen in die Resultate der ersten Versuchsreihe eingeführt, so erhält man Zahlen, die mit den bei der zweiten Reihe gefundenen völlig übereinstimmen.

Von dem Verfahren sollen hier nur folgende Einzelheiten angeführt werden: Die auf gewöhnliche Weise in einer Wägebürette abgewogene Meerwassermenge (von 150 ccm bis 800 ccm, je nach dem Salzgehalt) wurde durch Salzsäure schwach angesäuert und dann auf einem Bade, zuletzt bei wiederholtem Zusatz von Chlorwasser in einem Porzellantiegel eingedampft; das Bad wurde durch Wasserdämpfe aus einem Kessel erhitzt, weil das Gas der Kopenhagener Gaswerke so schwefelhaltig ist, dass es sich unmöglich zeigte, auf gewöhnliche Weise einzudampfen, ohne wägbare Mengen Schwefelsäure einzuführen. Wenn die Masse zu einem Brei eingedampft war, wurde sie in ein mit zugeschliffenem Stöpsel versehenes Filterwägeglas

gebracht, indem der Tiegel mit destillirtem Wasser rein gespült wurde; die Salzmasse erwies sich nämlich so hygroskopisch, dass sie unmöglich in einem Tiegel mit aufgesetztem Deckel sich genau wiegen liess. Im Filterglas wurde nun bei 90 ° C. zur Trockne eingedampft, indem das Glas in einen durch Elektricität geheizten und von reiner Luft durchströmten Trockenkasten gebracht wurde. Darauf wurde dasselbe mit halb aufgesetztem Deckel in einen andern ebenfalls durch Elektricität geheizten Trockenkasten gebracht, wo die Wärme allmählich von gewöhnlicher Temperatur bis auf 380 ° C. stieg. Nachdem es hier 24 Stunden gestanden hatte, wurde es endlich in einem dritten Kasten zweimal 24 Stunden bei 480 ° C. erhitzt. Nun konnte der Deckel völlig zugemacht werden, das Glas wurde zuerst im Trockenkasten, dann im Exsikkator abgekühlt und zuletzt mit einem gleichen, im voraus getrockneten und abgekühlten Filterglas als Tara gewogen. Nach der als Doppelwägung und mit Berücksichtigung auf Druck und Temperatur ausgeführten Wägung wurde die Masse in schwacher Salpetersäure gelöst, worauf die Chlormenge der Lösung in oben erwähnter Weise bestimmt wurde.

V.

Volumausdehnung des Seewassers.

Von

Dr. **Carl Forch.**

Als Methode zur Bestimmung der Volumausdehnung war die Methode des Auftriebes gewählt worden. Das hierzu angeschaffte Inventarium umfasste:

1. eine Bunge'sche kurzarmige Wage;
2. einen Hohlkörper aus Platin-Iridium;
3. ein in $^1/_{10}{}^0$ getheiltes Thermometer aus Borosilikatglas 59^{III}, welches mit dem schon erwähnten Fernrohr mit Okularmikrometer abgelesen wurde;
4. das Gefäss zur Aufnahme des Seewassers und die Badevorrichtung.

Der Senkkörper war von Heraeus in Hanau aus einer Platin-Iridium-Legirung, welche 10 % Iridium enthielt, hergestellt worden; er hatte die nebenstehend angegebene Form. Sein Gewicht betrug 119,8665 gr; da er etwa 125 cm^3 Volum hatte, musste er noch mit zwei Ringen aus dickem Platindraht beschwert werden, um auch in Seewasser von 1,04 spezifischem Gewicht noch unterzusinken. Er hatte mit diesen Ringen ein Gewicht von 134,4058 gr und im Wasser von 20,224° C ein solches von 11,3471 gr. Es war im Gegensatz zu den gewöhnlich benutzten Glassenkkörpern ein solcher von Metall gewählt worden, um einen raschen Temperaturübergang von der Flüssigkeit zum Senkkörper zu bewirken; ausserdem musste die Metallmasse als guter Wärmeleiter ausgleichend zwischen den einzelnen Flüssigkeitsschichten wirken.

1/2 der natürlichen Grösse.

Um zu entscheiden, ob Schwankungen des Luftdruckes eine merkliche Veränderung im Volum des Senkkörpers hervorzurufen befähigt waren, musste der äussere Druckkoeffizient desselben bestimmt werden. Es wurde dazu aus einem cylindrischen dickwandigen Glasgefäss mit einer Kapillaren, die mit Hülfe einer dicken Metallplatte aufgekittet werden konnte, ein geeignetes Piezometer hergestellt und die Volumänderungen für messbare

Druckänderungen bestimmt, und zwar einmal, wenn das Glasgefäss nur Wasser, ein andermal, wenn es ausserdem noch den Senkkörper enthielt. Man erhielt so die Volumänderung des letzteren minus der Aenderung eines gleich grossen Volums Wasser und konnte daraus mit hinreichender Genauigkeit den äusseren Druckkoeffizienten des Senkkörpers ableiten.

In dem Glasgefäss bewirkte eine Druckzunahme von 1 mm Quecksilber, wenn es nur mit Wasser gefüllt war, eine Volumzunahme von 0,054 mm^3, wenn es ausserdem den rund 125 cm^3 fassenden Senkkörper enthielt, eine solche von 0,093. Auf diesen allein kam also eine Aenderung von 0,039 $\frac{mm^3}{mm\,Hg}$. Da ein gleiches Volum Wasser um 0,007 $\frac{mm^3}{mm\,Hg}$ komprimirt wird, beträgt der wahre Druckkoeffizient des Senkkörpers 0,046 $\frac{mm^3}{mm\,Hg}$. Es würde also eine im Verlauf eines Versuches auftretende Barometerschwankung von 2 mm das gemessene Volum erst um $^{0.1}/_{125000}$ falsch werden lassen.

Nach Angabe des Verfertigers war der Senkkörper, als er geschlossen wurde, glühend; man kann also annehmen, dass bei Zimmertemperatur in demselben noch ein Druck von $^1/_3$ bis $^1/_4$ Atmosphäre herrscht. Es würde mithin bei der Erwärmung von 0° auf 30° eine Druckänderung von etwa 2 cm Quecksilber auftreten. Die Wärmeausdehnung des Hohlkörpers muss also eine scheinbar grössere sein als die eines Vollkörpers wäre. Dieselbe wurde aus der scheinbaren Ausdehnung von destillirtem Wasser, dessen spezifisches Gewicht mit dem Senkkörper in der üblichen Weise gemessen wurde, berechnet. Als grundlegend wurden die Werthe der Dichte des Wassers nach den Beobachtungen von Thiesen, Scheel und Disselhorst [1]) angenommen.

Die Ausdehnung des Senkkörpers ergab sich für die folgenden bei der Berechnung der Seewasserausdehnung gebrauchten Intervalle:

von	0°	bis	10°	zu $26{,}3 \cdot 10^{-6}$
„	10°	„	20°	„ 26,4
„	20°	„	30°	„ 26,5

Die Werthe sind um ein weniges grösser und zeigen eine geringere Abhängigkeit von der Temperatur, als sich nach den Beobachtungen von Fizeau [2]) an einer gleich zusammengesetzten Legirung erwarten liess.

Das Thermometer. Das von Richter-Berlin gelieferte Thermometer aus Borosilikatglas 59 III war ein Stabthermometer mit einem Gefäss von 60 mm Länge und 4 mm Durchmesser. Die mittlere Gradlänge betrug 8,107 mm. Es wurde bezüglich der Theilfehler auf einer mit Mikroskop versehenen Längentheilmaschine untersucht und hierbei einmal die Abstände der vollen 5 Grad-Striche von einander gemessen, zum anderen wurden noch sämmtliche Striche, welche jemals bei den spezifischen Gewichtsbestimmungen überhaupt benutzt werden

[1]) Wiedemanns Annalen der Physik und Chemie **60.** 349. 1897. — Die geringen Aenderungen bei der definitiven Berechnung der Werthe kommen nicht in Betracht. Siehe: Wissenschaftliche Abhandlungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg. Band III. Berlin 1900, bezw. Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie **25.** 13. 1901.

[2]) Comptes rendus hebd. de l'acad. d. sci. t. **62.** 1101 und 1133. 1865, bezw. Poggendorfs Annalen der Physik und Chemie **128.** 579. 1866.

konnten, kontrollirt und zwar alle Striche von — 5,0° bis + 0,6°; von + 3,5° bis 5,6°; von 9,5° bis 10,6°: von 14,3° bis 15,7° etc. bis 35,6°.

Zur Bestimmung des Kalibers wurden zwei getrennte Reihen, die eine zu Beginn, die andere am Schluss der Messungen durchgeführt, welche eine völlige Uebereinstimmung ergaben. Die Messung der Länge des abgetrennten Fadens geschah auf der oben erwähnten Theilmaschine. Die eine Kalibration wurde mit einem Faden von etwa 5,4° Länge, die andere mit einem solchen von 3,4° durchgeführt.

Der Nullpunkt wurde öfters kontrollirt und eine geringe regelmässige Erhöhung desselben entsprechend dem noch geringen Alter des Thermometers gefunden. Da das Thermometer nur bis 36° geht, also eine direkte Bestimmung des Siedepunktes nicht erlaubt, wurde es bei konstanter Zimmertemperatur (ca. 25°) mit einem Tonnelotschen Normalthermometer aus *verre dur* verglichen, dessen Konstanten im *Bureau international des poids et mesures* zu Breteuil mit einer Genauigkeit von $^1/_{1000}$° bestimmt waren. Die im Folgenden gegebenen Temperaturen beziehen sich mithin auf die Skala des Wasserstofffthermometers.

Das Seewasser befand sich in einem cylindrischen Glasgefäss von 7,5 cm Durchmesser und 18,5 cm Höhe. Dasselbe war oben durch einen breiten Glasschliff, in dessen Decke Rohrstutzen eingesetzt (geblasen) waren, verschlossen. Der eine derselben, — jener, durch welchen der Aufhängedraht des Senkkörpers geführt war — sass centrisch, die andern zwischen dem Mittelpunkt und dem Rande. Die letzteren dienten zur Aufnahme des Thermometers, eines Mahlkeschen Fadenthermometers[1]), zur Bestimmung der Korrektion des herausragenden Fadens, des Rührers sowie einer kleinen Arretirvorrichtung für den Senkkörper. Die bei der Füllung benutzten Stutzen wurden während der Beobachtung durch Korke verschlossen; über die Thermometer war an der Stelle, an der sie in die Stutzen eingesteckt waren, ein Schlauch übergeschoben zur Abdichtung, so dass eine Verdunstung nur an den Punkten möglich war, wo eine solche sich nicht umgehen liess.

Dieses Gefäss sass in einem grossen doppelwandigen Dewarschen Gefäss, zwischen beiden war Wasser als Bad und zwar so hoch, dass die Rohrstutzen noch etwa 1 bis 2 cm von ihm bedeckt waren. Das Dewarsche Gefäss befand sich wiederum in einem grossen rechtwinkeligen Holztrog, der etwa 20 Liter Wasser fasste. Derselbe hatte vorn eine Glaswand, um die Uebersicht zu ermöglichen. In dem äusseren Gefäss wurde das Badwasser von passender Temperatur gemischt und dann dem Dewarschen Gefäss durch eine kleine Pumpe oder unmittelbar durch Schöpfen zugeführt.

Der Trog stand auf einer eisernen Grundplatte, die durch Kurbel und Trieb in der Höhe bequem verstellt werden konnte, um behufs gründlichen Rührens den Senkkörper gegen den Boden des Gefässes anlegen zu können, wobei er noch durch die erwähnte kleine Arretirvorrichtung von oben gehalten wurde. Es war dies nöthig, weil ohne diese Vorsicht der feine Aufhängedraht durch die beim Rühren unvermeidlichen Stösse des Senkkörpers zerrissen wäre.

[1]) Zeitschrift für Instrumentenkunde, Band **13**; 58—62, 1893.

Die Verdunstung. Es hatte sich als unmöglich erwiesen, den Rohrstutzen, durch welchen der Aufhängedraht ging, so eng zu wählen, dass eine merkliche Verdunstung überhaupt nicht auftreten konnte, da bei engem Rohr der Draht stets an die Wände kam und dort durch Kapillarität haftete. Es musste deshalb ein Rohr von 10 mm innerer Weite genommen werden. Das Seewasser wurde aber stets nur so hoch eingefüllt, dass es etwa 5 cm unterhalb des oberen Randes des Stutzens blieb. Um einen Ueberblick über die hierbei möglichen Aenderungen im spezifischen Gewichte während der Dauer einer Beobachtungsreihe, die von der ersten Wägung bei 0° bis zur letzten bei 30° immerhin 6 bis 7 Stunden erforderte, zu erhalten, wurde die Verdunstung unter gleichen Verhältnissen der verdunstenden Fläche und gleicher Höhe des Rohres in einem 10 mm weiten Glasrohr gemessen. Es betrug bei 17,4° und etwa 4° hygrometrischer Differenz die Verdunstung in einer Stunde 1,2 mgr bei destillirtem Wasser. Mithin würden hochgegriffen bei 20° 2, bei 25° 3 und bei 30° 5 mgr Wasser in der Stunde verdunsten; also, wenn das Seewasser je 1 Stunde bei jeder dieser 3 Temperaturen geblieben wäre, im Ganzen 10 mgr verdunstet sein. Das Gefäss, in welchem die Ausdehnungsbestimmungen angestellt wurden, fasste 600 cm^3 Seewasser, dessen spezifisches Gewicht den Werth von 1,03 nie erreichte. Eine Verdunstung von 10 mgr würde also in unserm Falle das spezifische Gewicht um $\frac{618-0{,}01}{600-0{,}01} = 0{,}5.10^{-6}$ vergrössern, ein Betrag, der, selbst wenn man ihn verdoppelt, — da ja auch während des Rührens durch Herausziehen der benetzten Rührerstange eine Verdunstung eintrat, — gegenüber den möglichen Fehlern der Temperaturbestimmung nicht in Betracht kommt. Es durfte mithin von einer Korrektion aus dieser Fehlerquelle abgesehen werden.

Da das Seewasser die von ihm absorbirten Gase langsam abgiebt und durch Blasenbildung am Senkkörper bei nicht gasfreiem Wasser Fehler zu befürchten waren, wurde jede Probe, ehe sie in das zur Messung dienende Gefäss eingefüllt wurde, eine halbe bis dreiviertel Stunde in einer dickwandigen Glasflasche an der Wasserluftpumpe evakuirt und stark geschüttelt. Es wurde hierdurch auch ohne Erwärmung eine praktisch ausreichende Entgasung des Seewassers bewirkt, so dass am Ende der Messreihen niemals Gasblasen am Senkkörper beobachtet werden konnten.

Der Gang der Beobachtungen war folgender: Nachdem der Apparat mit dem entgasten Seewasser gefüllt und zusammengesetzt war, ward er durch eine schwache Kältemischung ein wenig unter 0° abgekühlt und alsdann mit der Messung begonnen. Bei jeder der um etwa 5° von einander abstehenden Temperaturen (0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30°) wurden 3 Gewichtsbestimmungen und 6 Temperaturmessungen gemacht. (In einigen Ausnahmefällen wurde auch noch bei einer bis zu 2,5° unter 0° liegenden Temperatur beobachtet. Vergl. die Tabelle.) Da die Schwingungen der Waage infolge der Reibung des zur schwingenden Masse relativ grossen Senkkörpers sehr stark gedämpft waren, wurden jedesmal 6 Umkehrpunkte abgelesen, aus den Ablesungen 1—5 und 2—6 für sich in der üblichen Weise je eine Ruhelage abgeleitet und diese beide zum Mittel vereinigt. Ergab sich hier eine Unregelmässigkeit, so wurde die

Beobachtung verworfen und sofort eine neue gemacht. Unmittelbar vor und nach der Bestimmung der Umkehrpunkte erfolgten die Temperaturmessungen[1]). Dass vor jedem Beobachtungssatz wiederholt gerührt und der Temperaturausgleich abgewartet wurde, ist selbstverständlich. Am Schluss der 3 Sätze wurde das Fadenthermometer abgelesen und die Länge des herausragenden Fadens notirt.

Aus den Beobachtungen wurde nach der Methode der kleinsten Quadrate das Volum als Funktion der Temperatur nach einer Reihe von der Form

$$v = a + bt + ct^2 + dt^3$$

dargestellt. Es wurde hierbei als Einheit des Volums bei jeder einzelnen Seewasserprobe das Volum eingesetzt, das für die 0^0 zunächst liegende Temperatur gefunden war. Um hierbei die Rechenarbeit etwas zu erleichtern, wurden zuerst unter Annahme eines genäherten Ausdehnungskoeffizienten die Volumina auf Temperaturen umgerechnet, welche nur noch Zehntel Grade enthielten. Es konnte sich hierbei im extremen Falle nur um Reduktionen für $0{,}05^0$ und im Volum um solche von etwa $20 . 10^{-6}$ handeln; es waren mithin durch die Einführung der genäherten Ausdehnungskoeffizienten höchstens Fehler von einigen Einheiten der 7. Stelle zu erwarten, auf die ja nach der ganzen Anlage der Untersuchungen kein Werth mehr gelegt werden darf.

Die nachstehenden Tabellen geben die beobachteten Volumina für die angegebenen Temperaturen, die sich hieraus ergebenden Ausdrücke für v_t als Funktion der Temperatur, und die danach berechneten Volumina. Mit $B—R$ sind die Differenzen: „Beobachtetes Volum — Berechnetes Volum“ in Einheiten der sechsten Décimale bezeichnet. Zur Definition der einzelnen Seewasserproben sind angegeben $s_{0/4^0}$ und p; ersteres das spezifische Gewicht bei 0^0 bezogen auf Wasser von 4^0, letzteres der Salzgehalt in Promille nach Titrationen.

Künstlich. $V = V_{+0{,}051} + 1{,}44 . 10^{-6} - 49{,}189 . 10^{-6}\, t + 7{,}85609 . 10^{-6}\, t^2 - 0{,}0428780 . 10^{-6}\, t^3$

$s_{0/4^0} = 1{,}002509$

$p = 3{,}2\ ‰$

$t =$	$V_{\text{beob.}} =$	$V_{\text{ber.}} =$	$B—R =$
$+0{,}051$	1,0000000	0,9999980	$+2{,}0$
$+5{,}085$	0,9999442	0,9999488	$-4{,}6$
9,485	1,0002061	1,0002050	$+1{,}1$
14,895	1,0008745	1,0008700	$+4{,}5$
19,450	1,0016994	1,0017011	$-1{,}7$
25,319	1,0030939	1,0030965	$-2{,}6$
30,088	1,0044667	1,0044655	$+1{,}2$

Nr. 29. $V = V_{-0{,}296} - 11{,}87 . 10^{-6} - 31{,}523 . 10^{-6}\, t + 7{,}59606 . 10^{-6}\, t^2 - 0{,}0420878 . 10^{-6}\, t^3$

$s_{0/4^0} = 1{,}006681$

$p = 8{,}37\ ‰$

$t =$	$V_{\text{beob.}} =$	$V_{\text{ber.}} =$	$B—R =$
$-0{,}296$	1,0000000	0,9999982	$+1{,}8$
$+4{,}885$	1,0000058	1,0000103	$-4{,}5$
9,936	1,0003846	1,0003859	$+1{,}3$
15,004	1,0010855	1,0010830	$+2{,}5$
20,212	1,0021090	1,0021068	$+2{,}2$
24,754	1,0032188	1,0032243	$-5{,}5$
29,899	1,0047136	1,0047115	$+2{,}1$

[1]) Um bei der Ablesung des Thermometers Parallaxenfehler zu vermeiden, war mit Gummibändern an demselben ein Stückchen Glasspiegel befestigt. Vor dem Objektiv des Ablesefernrohres war ein Faden horizontal befestigt; dem Fernrohr wurde jedesmal eine derartige Neigung gegeben, dass der gespiegelte Faden durch die Mitte des Gesichtsfeldes ging.

Nr. 28. $V = V_{-0,298} - 9{,}32 \cdot 10^{-6} - 22{,}951 \cdot 10^{-6}\, t + 7{,}35636 \cdot 10^{-6}\, t^2 - 0{,}0385591 \cdot 10^{-6}\, t^3$

$s_{0/4^\circ} = 1{,}008467$

$p = 10{,}61\,‰$

t	$V_{beob.}$	$V_{ber.}$	$B-R$
$-0{,}298$	$1{,}0000000$	$0{,}9999981$	$+1{,}9$
$+5{,}000$	$1{,}0000512$	$1{,}0000550$	$-3{,}8$
$9{,}697$	$1{,}0004238$	$1{,}0004247$	$-0{,}9$
$14{,}907$	$1{,}0011613$	$1{,}0011556$	$+5{,}7$
$19{,}824$	$1{,}0021240$	$1{,}0021262$	$-2{,}2$
$25{,}237$	$1{,}0034757$	$1{,}0034770$	$-1{,}3$
$30{,}211$	$1{,}0049490$	$1{,}0049483$	$+0{,}7$

Nr. 30. $V = V_{-0,164} - 5{,}37 \cdot 10^{-6} - 7{,}452 \cdot 10^{-6}\, t + 7{,}03855 \cdot 10^{-6}\, t^2 - 0{,}0360003 \cdot 10^{-6}\, t^3$

$s_{0/4^\circ} = 1{,}011756$

$p = 14{,}66\,‰$

t	$V_{beob.}$	$V_{ber.}$	$B-R$
$-0{,}164$	$1{,}0000000$	$0{,}9999944$	$+3{,}8$
$+4{,}728$	$1{,}0001090$	$1{,}0001129$	$-3{,}9$
$9{,}981$	$1{,}0005836$	$1{,}0005857$	$-2{,}1$
$14{,}868$	$1{,}0013250$	$1{,}0013211$	$+3{,}9$
$20{,}118$	$1{,}0023996$	$1{,}0024003$	$-0{,}7$
$24{,}661$	$1{,}0035470$	$1{,}0035423$	$-4{,}7$
$30{,}607$	$1{,}0053317$	$1{,}0053280$	$+3{,}7$

Nr. 9 II. $V = V_{-0,783} - 1{,}90 \cdot 10^{-6} + 5{,}322 \cdot 10^{-6}\, t + 6{,}83052 \cdot 10^{-6}\, t^2 - 0{,}0345567 \cdot 10^{-6}\, t^3$

$s_{0/4^\circ} = 1{,}015116$

$p = 18{,}92\,‰$

t	$V_{beob.}$	$V_{ber.}$	$B-R$
$-0{,}783$	$1{,}0000000$	$0{,}9999982$	$+1{,}8$
$+4{,}986$	$1{,}0001852$	$1{,}0001902$	$-5{,}0$
$9{,}780$	$1{,}0006731$	$1{,}0006712$	$+1{,}9$
$14{,}793$	$1{,}0014622$	$1{,}0014597$	$+2{,}5$
$20{,}417$	$1{,}0026624$	$1{,}0026599$	$+2{,}5$
$24{,}828$	$1{,}0038061$	$1{,}0038117$	$-5{,}6$
$30{,}486$	$1{,}0055315$	$1{,}0055295$	$+2{,}0$

Nr. 10 II. $V = V_{-0,203} + 2{,}12 \cdot 10^{-6} + 20{,}0858 \cdot 10^{-6}\, t + 6{,}515429 \cdot 10^{-6}\, t^2 - 0{,}032024 \cdot 10^{-6}\, t^3$

$s_{0/4^\circ} = 1{,}018658$

$p = 23{,}25\,‰$

t	$V_{beob.}$	$V_{ber.}$	$B-R$
$-0{,}203$	$1{,}0000000$	$0{,}9999983$	$+1{,}7$
$+4{,}940$	$1{,}0002541$	$1{,}0002574$	$-3{,}3$
$9{,}737$	$1{,}0007869$	$1{,}0007884$	$-1{,}5$
$14{,}946$	$1{,}0016611$	$1{,}0016555$	$+4{,}6$
$19{,}879$	$1{,}0027370$	$1{,}0027349$	$+2{,}1$
$25{,}054$	$1{,}0041021$	$1{,}0041078$	$-5{,}7$
$30{,}834$	$1{,}0059025$	$1{,}0059005$	$+2{,}0$

Nr. 12. $V = V_{-0,262} + 5{,}92 \cdot 10^{-6} + 27{,}7869 \cdot 10^{-6}\, t + 6{,}43581 \cdot 10^{-6}\, t^2 - 0{,}032024 \cdot 10^{-6}\, t^3$

$s_{0/4^\circ} = 1{,}020754$

$p = 26{,}1\,‰$

t	$V_{beob.}$	$V_{ber.}$	$B-R$
$-0{,}262$	$1{,}0000000$	$0{,}9999996$	$0{,}4$
$+5{,}310$	$1{,}0003264$	$1{,}0003283$	$-1{,}9$
$10{,}124$	$1{,}0009171$	$1{,}0009136$	$+3{,}5$
$14{,}569$	$1{,}0016867$	$1{,}0016898$	$-3{,}1$
$20{,}189$	$1{,}0029283$	$1{,}0029267$	$+1{,}6$
$25{,}067$	$1{,}0042413$	$1{,}0042421$	$-0{,}8$
$30{,}303$	$1{,}0058669$	$1{,}0058671$	$+0{,}2$

Nr. 25. $V = V_{+0,079} - 0{,}51 \cdot 10^{-6} + 35{,}9621 \cdot 10^{-6}\, t + 6{,}419802 \cdot 10^{-6}\, t^2 - 0{,}0346494 \cdot 10^{-6}\, t^3$

$s_{0/4^\circ} = 1{,}023254$

$p = 28{,}9\ ‰$

t	$V_{beob.}$	$V_{ber.}$	$B-R$
$-1{,}720$	$0{,}9999579$	$0{,}9999562$	$+1{,}7$
$+0{,}079$	$1{,}0000000$	$1{,}0000023$	$-2{,}3$
$5{,}016$	$1{,}0003349$	$1{,}0003371$	$-2{,}2$
$9{,}747$	$1{,}0009296$	$1{,}0009277$	$+1{,}9$
$14{,}518$	$1{,}0017727$	$1{,}0017687$	$+4{,}0$
$20{,}044$	$1{,}0030201$	$1{,}0030205$	$-0{,}4$
$24{,}988$	$1{,}0043632$	$1{,}0043672$	$-4{,}0$
$30{,}683$	$1{,}0061476$	$1{,}0061458$	$+1{,}8$

Nr. 11. $V = V_{-0,245} + 13{,}44 \cdot 10^{-6} + 46{,}1307 \cdot 10^{-6}\, t + 6{,}230055 \cdot 10^{-6}\, t^2 - 0{,}032974 \cdot 10^{-6}\, t^3$

$s_{0/4^\circ} = 1{,}025990$

$p = 32{,}38\ ‰$

t	$V_{beob.}$	$V_{ber.}$	$B-R$
$-2{,}668$	$0{,}9999384$	$0{,}9999357$	$+2{,}7$
$-0{,}245$	$1{,}0000000$	$1{,}0000024$	$-2{,}4$
$4{,}917$	$1{,}0003828$	$1{,}0003869$	$-4{,}1$
$10{,}036$	$1{,}0010732$	$1{,}0010706$	$+2{,}6$
$14{,}843$	$1{,}0019682$	$1{,}0019629$	$+5{,}3$
$19{,}941$	$1{,}0031460$	$1{,}0031492$	$-3{,}2$
$24{,}880$	$1{,}0045075$	$1{,}0045098$	$-2{,}3$
$30{,}435$	$1{,}0062601$	$1{,}0062586$	$+1{,}5$

Nr. Schweden $V = V_{+0,182} - 6{,}17 \cdot 10^{-6} + 51{,}8018 \cdot 10^{-6}\, t + 6{,}062248 \cdot 10^{-6}\, t^2 - 0{,}0306472 \cdot 10^{-6}\, t^3$

$s_{0/4^\circ} = 1{,}027242$

$p = 33{,}94\ ‰$

t	$V_{beob.}$	$V_{ber.}$	$B-R$
$-2{,}215$	$0{,}9999128$	$0{,}9999089$	$+3{,}9$
$+0{,}182$	$1{,}0000000$	$1{,}0000033$	$-3{,}3$
$4{,}777$	$1{,}0003725$	$1{,}0003763$	$-3{,}8$
$9{,}767$	$1{,}0010483$	$1{,}0010499$	$-1{,}6$
$14{,}784$	$1{,}0019964$	$1{,}0019858$	$+10{,}6$
$19{,}723$	$1{,}0031367$	$1{,}0031383$	$-1{,}6$
$24{,}635$	$1{,}0044832$	$1{,}0044907$	$-7{,}5$
$29{,}810$	$1{,}0061169$	$1{,}0061134$	$+3{,}5$

Nr. J. 94 $V = V_{-0,024} + 3{,}0410^{-6} + 53{,}592 \cdot 10^{-6}\, t + 6{,}14208 \cdot 10^{-6}\, t^2 - 0{,}033124 \cdot 10^{-6}\, t^3$

$s_{0/4^\circ} = 1{,}028073$

$p = 35{,}08\ ‰$

t	$V_{beob.}$	$V_{ber.}$	$B-R$
$-2{,}734$	$0{,}9999045$	$0{,}9999021$	$+2{,}4$
$-0{,}024$	$1{,}0000000$	$1{,}0000016$	$-1{,}6$
$+5{,}104$	$1{,}0004300$	$1{,}0004322$	$-2{,}2$
$9{,}768$	$1{,}0010805$	$1{,}0010818$	$-1{,}3$
$15{,}273$	$1{,}0021404$	$1{,}0021365$	$+3{,}9$
$19{,}924$	$1{,}0032522$	$1{,}0032469$	$+5{,}3$
$25{,}508$	$1{,}0048060$	$1{,}0048167$	$-10{,}7$
$30{,}024$	$1{,}0062568$	$1{,}0062522$	$+4{,}6$

Nr. J. 96. $V = V_{-0,028} + 1{,}70 \cdot 10^{-6} + 53{,}782 \cdot 10^{-6}\, t + 6{,}15644 \cdot 10^{-6}\, t^2 - 0{,}034008 \cdot 10^{-6}\, t^3$

$s_{0/4^0} = 1{,}028159$

$p = 35{,}11$

t	$V_{beob.}$	$V_{ber.}$	$B-R$
− 2,488	0,9999072	0,9999052	+ 2,0
− 0,028	1,0000000	1,0000001	− 0,1
+ 5,096	1,0004301	1,0004285	+ 1,6
10,225	1,0011608	1,0011589	+ 1,9
15,287	1,0021422	1,0021411	+ 1,1
19,917	1,0032440	1,0032465	− 2,5
25,645	1,0048571	1,0048566	+ 0,5

Nr. 4. $V = V_{-0,387} + 19{,}58 \cdot 10^{-6} + 56{,}673 \cdot 10^{-6}\, t + 5{,}976096 \cdot 10^{-6}\, t^2 - 0{,}0293480 \cdot 10^{-6}\, t^3$

$s_{0/4^0} = 1{,}028432$

$p = 35{,}41\ ‰$

t	$V_{beob.}$	$V_{ber.}$	$B-R$
− 0,387	1,0000000	0,9999985	+ 1,5
+ 5,245	1,0004732	1,0004769	− 3,7
10,313	1,0012070	1,0012074	− 0,4
14,523	1,0020181	1,0020133	+ 4,8
19,770	1,0032492	1,0032494	+ 0,2
24,531	1,0045686	1,0045728	− 4,2
29,840	1,0062537	1,0062555	+ 1,8

Die Abweichungen: $B-R$ ergeben einen systematischen Gang, der sich in der folgenden Uebersicht der Fehler deutlich ausspricht.

Konzentration	Bei 0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
3,2 ‰	.....	+ 2,0	− 4,6	+ 1,1	+ 4,5	− 1,7	− 2,6	+ 1,2
8,37	.....	+ 1,8	− 4,5	+ 1,3	+ 2,5	+ 2,2	− 5,5	+ 2,1
10,61	.....	+ 1,9	− 3,8	− 0,9	+ 5,7	− 2,2	− 1,3	+ 0,7
14,66	.....	+ 3,8	− 3,9	− 2,1	+ 3,9	− 0,7	− 4,7	+ 3,7
18,92	.....	+ 1,8	− 5,0	+ 1,9	+ 2,5	+ 2,5	− 5,6	+ 2,0
23,25	Unter 0°	+ 1,7	− 3,3	− 1,5	+ 4,6	+ 2,1	− 5,7	+ 2,0
26,1	.....	+ 0,4	− 1,9	+ 3,5	− 3,1	+ 1,6	− 0,8	+ 0,2
28,9	+ 1,7	− 2,3	− 2,2	+ 1,9	+ 4,0	− 0,4	− 4,0	+ 1,8
32,4	+ 2,7	− 2,4	− 4,1	+ 2,6	+ 5,3	− 3,2	− 2,3	+ 1,5
33,9	+ 3,9	− 3,3	− 3,8	− 1,6	+ 10,6	− 1,6	− 7,5	+ 3,5
35,08	+ 2,4	− 1,6	− 2,2	− 1,3	+ 3,9	+ 5,3	− 10,7	+ 4,6
35,11	+ 2,0	− 0,1	+ 1,6	+ 1,9	+ 1,1	− 2,5	+ 0,5	−
35,4	−	+ 1,3	− 3,7	− 0,4	+ 4,8	+ 0,2	− 4,2	+ 1,8
Mittel	+ 2,5	+ 0,4	− 3,2	+ 0,5	+ 3,8	+ 0,1	− 4,2	+ 2,1

Ein solcher Gang kann aus zwei völlig verschiedenen Ursachen entstehen: 1. aus Fehlern in der Bestimmung der Thermometerkonstanten (Theilfehler + Kaliberfehler); diese müssen sich natürlich in den verschiedenen Beobachtungsreihen bei denselben Temperaturen gleichmässig einstellen; 2. aus mangelnder Anpassung des zur Darstellung der Volumänderung gewählten rechnerischen Ausdruckes an die Ausdehnung selbst. Bei den geringen Konzentrationsänderungen der verschiedenen untersuchten Salzlösungen (0,8‰ bis 3,6‰) war auch aus dieser Ursache eine Uebereinstimmung der etwaigen Abweichungen bei den verschiedenen Temperaturen für die einzelnen Seewasser zu erwarten.

Um den ersten Punkt näher zu untersuchen, wurden die Abweichungen der Fehler „*B*—*R*“ gegen die oben gegebenen Mittelwerthe gebildet, also gleichsam die hypothetischen „Fehler der Konstantenbestimmung des Thermometers“ rechnerisch ausgeglichen. Im Folgenden sind diese Abweichungen zusammengestellt.

Unter 0°		Bei 0°		5°		10°		15°		20°		25°		30°	
—	—	+1,6	—	—	—1.4	+0,6	—	+0,6	—	—	—1,8	+1,6	—	—	—0,9
—	—	1,4	—	—	1,3	0,8	—	—	—1,4	+2,1	—	—	—1,3	+0,0	—
—	—	1,9	—	—	0,6	—	—1,4	1,8	—	—	2,3	2,9	—	—	1,4
—	—	3,4	—	—	0,7	—	2,6	0,0	—	—	0,8	—	0.5	1,6	—
—	—	1,4	—	—	1,8	1,4	—	—	1,4	2,4	—	—	1,4	—	0,1
—	—	1,3	—	—	0,1	—	2,0	0,7	—	2,0	—	—	1,5	—	0,1
—	—	0,0	—	+1,3	—	3,0	—	—	7,0	1,5	—	3,4	—	—	1,9
—	—0,8	—	—2,7	1,0	—	1,4	—	0,1	—	—	0,5	0,2	—	—	0,3
+0,2	—	—	2,8	—	0,9	2,1	—	1,4	—	—	3,3	1,9	—	—	0,6
1,4	—	—	3,7	—	0,6	—	2,1	6,7	—	—	1,7	—	3,3	1,4	—
—	0,1	—	2,0	1,0	—	—	1,8	0,0	—	5,2	—	—	6,5	2,5	—
—	0,5	—	0,6	4,8	—	1,4	—	—	2.8	—	2,6	4,7	—	—	—
—	—	1,1	—	—	0,5	—	0,9	0,9	—	0,1	—	0,0	—	—	0,3
Summe	+1,6 —1,4	+12,1	—11,8	+8,1	—7.9	+10,7	—10,8	+12,2	—12,6	+13,2	—13,1	+14,7	—14,5	+5,5	—5,6
Mittel	±0,6	±1,8		±1.2		±1,7		±1,9		±2,0		±2,3		±0,9	

Es wird aus dem Vergleich dieser beiden Fehlertabellen wahrscheinlich, dass wirklich systematische Fehler in der Konstantenbestimmung des Thermometers enthalten sind. Diese Annahme wird noch durch folgende Vergleichung der beiden zur Berechnung benutzten Kaliber- etc.-Tabellen bestätigt.

Gesammtfehler des Thermometers in $^1/_{1000}{}^0$.

	Bei 0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Reihe I (April 1900) .	—17	—49	—49	—43	—31	—35	—15
Reihe II (Septbr. 1900)	—46	—76	—71	—62	—57	—66	—52
Diff. (II—I)	—29	—28	—22	—19	—26	—31	—37

Die Differenzen (II—I) ergeben die Möglichkeit von Kaliber- etc.-Fehlern der geforderten Grösse. Mit den Resultaten der I. Reihe wurden die Beobachtungen für die Konzentrationen 26,1 ‰ bis 35,11 ‰ einschliesslich, mit denen der Reihe II die übrigen Seewasserproben — bis zu 23,25 ‰ einschliesslich sowie 35,4 ‰ — berechnet. Fasst man jede dieser beiden Gruppen für sich allein zusammen, so ergiebt sich folgende Fehlervertheilung.

Mittel der Fehler der Volumina in 1 . 10—6.

Die Beobachtungen sind reduzirt mit den Thermometerfehlern von	Bei den Temperaturen: −2,5°	+0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Reihe I	+2,5	—1,6	—2,1	+1,2	+3,6	—0,2	—4,1	+2,3
Reihe II	—	+2,0	+4,1	—0,1	+4,1	+0,3	—4,2	+1,9

Diese Tabelle macht es allerdings wahrscheinlich, dass auch nach einer Ausgleichung der etwaigen Thermometerfehler sich doch noch systematische Abweichungen ergeben hätten, die dann wohl auf mangelhafte Anpassung der Volumausdehnung an den gewählten rechnerischen Ausdruck hindeuten müssten. Die Neuberechnung der Konstanten mit einem bis zur 4. Potenz von t fortschreitenden Gliede, welche desshalb durchgeführt wurde, ergab keine wesentlich bessere Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Rechnung und wurde demgemäss im weiteren nicht berücksichtigt.

Ob ein Ausdruck von völlig anderer Form[1]) die Resultate besser wiedergegeben hätte, muss unerörtert bleiben, da eine abermalige Neuberechnung der Konstanten nicht erfolgte, weil unter den bei der vorliegenden Untersuchung im Wesentlichen maassgebenden Gesichtspunkten der Aufstellung von Umrechnungskonstanten für praktische Zwecke schon durch die erreichte Uebereinstimmung von Beobachtung und Berechnung der beabsichtigte Zweck erfüllt war.

Es sind deshalb den weiteren Rechnungen die Volumina zu Grunde gelegt, wie sie sich unmittelbar aus unseren Tabellen (S. 147 ff.) ergeben, wenn die Volumina bei 0^0 gleich 1 gesetzt werden.

[1]) Vergl. die oben angeführte Abhandlung von Thiesen, Scheel und Disselhorst über die Ausdehnung des Wassers.

VI.

Berechnung der Hydrographischen Tabellen
und
Diskussion der Ergebnisse.

Von
Dr. **Martin Knudsen.**

Inhalt: Einleitung. — 1. Tabelle über *Cl*, *S*, σ_0 und $\varrho_{17.5}$. — 2. Titrirtabelle. — 3. Abhängigkeit des spezifischen Gewichts von der Temperatur. — 4. Aräometertabelle. — 5. Vergleichung mit früheren Tabellen. — 6. Maximaldichte des Seewassers. —

Einleitung.

Die in den vorstehenden Berichten erwähnten Untersuchungen hatten für eine Reihe natürlicher Seewasserproben die Konstanten für Chlormenge, Salzgehalt, spezifisches Gewicht und dessen Abhängigkeit von der Temperatur geliefert. Die gewonnenen Daten lassen sich nun auf mannigfache Weise in tabellarische Form bringen, und ich habe nunmehr die bei der Ausarbeitung der „Hydrographischen Tabellen" von mir befolgten Gesichtspunkte zu entwickeln.

Die Tabellen sollen zunächst bei allen den hydrographischen Arbeiten, wo es sich um Ermittelung des Salzgehaltes für eine vorgelegte Reihe von Wasserproben handelt, verwendet werden können.

Von den zur Bestimmung des Salzgehaltes benutzten modernen Methoden haben sich nur zwei als besonders brauchbar erwiesen, nämlich die Bestimmung der Chlormenge und die des spezifischen Gewichts, indem diese beiden, im Verhältniss zu der aufgewandten Arbeit und den Kosten für Instrumente und Materialien, die genauesten Resultate liefern.

Da es von grösster Bedeutung ist, dass alle hydrographischen Arbeiten, bei denen es sich um Massenuntersuchungen handelt, so gleichartig wie möglich ausgeführt werden, erachte ich es für das beste, nur die Beziehungen zwischen Salzgehalt, Chlormenge und spezifischem Gewicht in einer Tabelle zu geben.

Diese Rücksicht ist ebenfalls bei der Ausarbeitung der Titrir- und der Aräometertabelle maassgebend gewesen. Beim Gebrauche dieser beiden Tabellen sind sowohl die Titrirung, wie die Aräometermessung in einer ganz bestimmten Weise auszuführen, wenn die Tabellen mit Erfolg angewendet werden sollen.

Zur Chlorbestimmung könnte man auch noch andere Methoden, als die in den Tabellen geforderten, benutzen, und zwar Methoden, die vielleicht ebenso einfach und genau wie diese sind. Aus Rücksicht auf die Einheitlichkeit der Arbeiten aber hielt ich es für geboten, nur eine einzige Methode zu wählen.

Bei Aräometermessungen kann man Aräometer verwenden, die bei 15^0 das spezifische Gewicht, bezogen auf destillirtes Wasser von 4^0 oder 15^0, direkt geben, oder Aräometer, die für andere Temperaturen geaicht sind, oder auch solche, die aus einer anderen Glassorte als Jenaer Glas 16^{III} hergestellt sind. Aus Rücksicht auf die Einheitlichkeit schien es mir auch in diesem Falle richtig, nur ein bestimmtes Verfahren zu wählen und dann dafür die Tabellen so ausführlich anzulegen, dass man daraus das spezifische Gewicht ohne irgend welche Rechnung finden kann.

Ausser zu diesen gewöhnlichen Bestimmungen des Salzgehaltes soll man aber die Tabellen auch benutzen können, wenn man aus irgend einer ganz zuverlässigen Chlor- oder Dichtigkeitsbestimmung den Salzgehalt besonders genau zu ermitteln wünscht. Durch eine Chlorbestimmung ermittelt man dann den Salzgehalt mit Hilfe der Formel: $S = 0{\cdot}030 + 1{\cdot}8050\ Cl$, falls die vier Zifferstellen der Tabelle nicht ausreichen sollten. Mittels einer Dichtigkeitsbestimmung lässt sich das spezifische Gewicht bei verschiedenen Temperaturen, bezogen auf destillirtes Wasser von verschiedenen Temperaturen, finden. Die Tabelle muss daher Mittel zur Reduktion dieser Beobachtungen auf bestimmte Temperaturen enthalten. Gewählt ist das spezifische Gewicht des Seewassers bei 0^0, bezogen auf destillirtes Wasser von 4^0. Mit Hilfe einer Formel findet man alsdann den Salzgehalt aus dem spezifischen Gewicht, falls die vier Zifferstellen der Tabelle nicht genügen sollten.

Endlich wird man mit Hilfe dieser Tabellen die Dichte des Seewassers bei einer beliebigen Temperatur leicht ermitteln können, wenn die Chlormenge oder der Salzgehalt oder das spezifische Gewicht bei einer willkürlichen Temperatur gegeben ist. Zu diesem Zweck ist deshalb eine besondere Tabelle berechnet worden (die Tabelle σ_t als Funktion von σ_0 und t). Will man die Dichte mit der äussersten Genauigkeit ermitteln, so muss man jedoch eine Bestimmung des spezifischen Gewichtes ausführen, und wünscht man das spezifische Gewicht mit der ganzen Genauigkeit, die unsere Untersuchungen zulassen, zu reduziren, so bediene man sich der Formel:

$$\sigma_t = \Sigma_t + (\sigma_0\ 0{\cdot}1324)\ [1 - A_t + B_t\ (\sigma_0 - 0{\cdot}1324)].$$

Um die Benutzung derselben zu erleichtern sind Σ_t, A_t und B_t in einer besonderen Tabelle als Funktionen von t angeführt.

1. Tabelle über *Cl*, *S*, σ_0 und $\varrho_{17{\cdot}5}$.

Der Salzgehalt *S* als Funktion der Chlormenge *Cl*.

Von den gewöhnlichen Methoden zur Bestimmung des Salzgehaltes ist die Chlorbestimmung meiner Meinung nach diejenige, welche die genauesten Resultate liefert. Deshalb ist in der Tabelle die Chlormenge *Cl* als Argument angenommen. Noch andere Erwägungen haben auch zu dieser Wahl beigetragen; so die Rücksicht auf den Umfang und die Form der

Tabelle, sowie die Genauigkeit, die man im allgemeinen fordern will, wenn man aus einer Grösse die anderen zu ermitteln wünscht. Man sieht nämlich leicht, dass durch die Abrundung der Fehler kleiner als $\pm$ 0·005 wird, wenn man von der Chlormenge zu einer der übrigen Grössen übergeht, während die oberste Fehlergrenze ungefähr das doppelte beträgt, wenn man vom spezifischen Gewicht zum Salzgehalt oder umgekehrt übergeht.

Bei Berechnung der Tabelle muss man zuerst den Salzgehalt S als Funktion der Chlormenge Cl ermitteln. Indem der Salzgehalt und die Chlormenge in der von Dr. Sörensen angegebenen Weise definirt werden, hat man folgende zusammengehörige Beobachtungswerte:

Seewasserprobe,	S beobachtet,	Cl beobachtet,	S berechnet,	S beob. — S ber.
32	2·6876	1·4736	2·6894	— 0·0018
30	14·6376	8·0888	14·6297	+ 0·0079
30	14·6308	8·0888	14·6297	+ 0·0011
9	18·8179	10·4103	18·8200	— 0·0021
10	23·2045	12·8422	23·2096	— 0·0051
25	28·9563	16·0231	28·9511	+ 0·0052
2	35·0668	19·4170	35·0771	— 0·0103
3	35·3829	19·5911	35·3913	— 0·0084
23	40·1808	22·2371	40·1673	+ 0·0135

Von den zusammengehörigen Werthen für S beob. und Cl beob. sind nach der Methode der kleinsten Quadrate die Koëffizienten x und y in der Formel:

$$S = x + y\,Cl$$

berechnet.

Bei einer vorläufigen Berechnung stellte sich heraus, dass diese Formel den Beobachtungen genügt, was aus dem Wechsel der Vorzeichen der Differenzen zwischen den beobachteten und den aus der Formel mittels der Koëffizienten berechneten Werthen für S zu ersehen war. Numerisch waren indessen diese Differenzen bedeutend grösser, als man aus den mittleren Fehlern der einzelnen Beobachtungen erwarten sollte. Dies kann nur davon herrühren, dass die Seewasserproben eine verschiedene Zusammensetzung gehabt haben. Dieser letztere Umstand wirkt also hauptsächlich auf die Abweichung der beobachteten und der aus der Chlormenge berechneten Werthe für S ein, während die Beobachtungsfehler einen weit geringeren Einfluss ausüben. Dies ist der Grund dafür, dass bei der endgültigen Berechnung von x und y allen Beobachtungen gleiches Gewicht beigemessen ist, trotzdem dass die Beobachtungsfehler bei Wasserproben mit geringer Konzentration kleiner sind, als bei stärker konzentrirten Proben. Bei dieser Ausgleichung ergaben sich $x = 0{\cdot}02951$ und $y = 1{\cdot}804993$, Mittelst dieser Koëffizienten wurden die in der Tabelle angeführten Werthe für S ber., und daraus die Differenzen S beob. — S ber. bestimmt. Diese Differenzen sind in Fig. 3 graphisch dargestellt, wobei die Chlormenge als Abszisse, die genannte Differenz in $^1/_{100}$ Promille als Ordinate aufgetragen wurden. Aus dieser

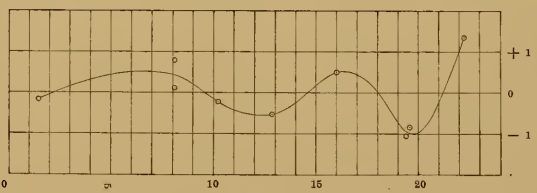


Fig. 3.

Figur geht deutlich hervor, dass die Formel den Beobachtungen so gut genügt, wie man zu fordern berechtigt ist. — Da die einzelnen Abweichungen so gross ausfallen, ist kein Grund vorhanden, die vielen Zifferstellen der Koëffizienten beizubehalten; werden die zwei letzten weggelassen, so lautet also die Formel:

$$S = 0{\cdot}030 + 1{\cdot}8050\ Cl.$$

Mit Hilfe dieser Formel, die sich schwerlich einfacher denken lässt, wurde die Tabelle über die Abhängigkeit des Salzgehaltes von der Chlormenge berechnet. Aus den Abweichungen in Fig. 3 geht hervor, dass man, falls die Chlormenge richtig bestimmt ist, durch Benutzung der Tabelle oder der Formel die zweite Dezimalstelle der Salzmenge (in Promille) ganz genau nicht erwarten darf, wenn wir die Definition der Salzmenge nicht ändern. Um Irrthümern vorzubeugen, haben wir diese Aenderung vorgenommen, oder richtiger einen neuen Begriff S_{Cl} für die Salzmenge eingeführt, die somit nicht mehr, wie früher allgemein, zu verstehen ist, sondern als die aus der Chlormenge mit Hilfe obiger Formel ermittelte Grösse. Dementsprechend werden mit S_σ, S_ϱ u. s. w. die mittels der Tabelle durch Dichtigkeitsbestimmungen gefundenen Salzgehalte bezeichnet. Wünscht man also künftighin einen Salzgehalt völlig genau zu bestimmen, so hat man eine Chlor- oder Dichtigkeitsbestimmung auszuführen und die Salzmenge daraus zu berechnen, wogegen man zu keinem Ziele kommt, wenn man Eindampfungen, Bestimmungen der einzelnen Salzmengen u. dergl. vornimmt, selbst wenn solche Bestimmungen sich fehlerfrei ausführen liessen. Für alle eingetragenen Werthe von *Cl* sind mit Hilfe der genannten Formel die Werthe für *S* in der Tabelle berechnet.

σ_0 als Funktion der Chlormenge *Cl*.

Bei dieser Berechnung wurden die zusammengehörigen Werthe von *Cl* und σ_0, die in nachstehender Tabelle aufgeführt sind, benutzt. W. hinter der Nummer einer Wasserprobe bedeutet, dass die Chlorbestimmung von Cand. Wöhlk ausgeführt ist, ein korr., dass für diese Wasserprobe die Chlormenge korrigirt ist bezüglich der Verdunstung, die zwischen den beiden Dichtigkeitsbestimmungen stattgefunden hat. Die Grösse der Korrektion ist aus dem Zuwachs des spezifischen Gewichtes berechnet. Mit Hilfe derjenigen Werthe für *Cl* und σ_0, bei welchen ein Werth von d_2 steht, ist nach der Methode der kleinsten Quadrate σ_0 als Funktion zweiten Grades von *Cl* berechnet. Das Gewicht ist überall = 1 gesetzt. Hierbei ergab sich:

$$\sigma_0 = -0{\cdot}0039 + 1{\cdot}45286\ Cl - 0{\cdot}000017\ Cl^2.$$

Werden die in der Tabelle angegebenen Werthe für *Cl* in diese Gleichung eingesetzt, so erhält man eine Reihe berechneter Werthe für σ_0, welche, von denen der Tabelle subtrahirt, die unter d_2 aufgeführten Grössen geben. Trägt man diese Differenzen als Ordinaten in ein Koordinatensystem mit *Cl* als Abszisse auf (Fig. 4), so sieht man einen deutlichen systematischen Verlauf, dem durch ein kubisches Glied abzuhelfen ist.

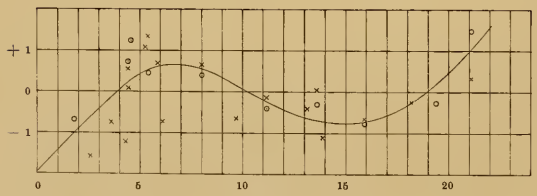


Fig. 4.

Nach der Methode der kleinsten Quadrate wird deshalb σ_0 als eine Funktion dritten Grades von *Cl* berechnet, indem nur diejenigen Werthe von *Cl* und σ_0, bei denen ein Werth von d_3 steht, benutzt werden. In den Fällen, wo die Chlormenge sowohl nach der minder genauen (Cand. Wöhlk) als nach der genaueren Methode bestimmt worden ist, wurde nur dem nach letzterer ermittelten Werthe Rechnung getragen. Die Differenzen, die sich zwischen den beobachteten und den berechneten Werthen von σ_0 finden, sind so gross, dass sie sich nicht durch Beobachtungsfehler erklären lassen, und da man aus Verdünnungsversuchen weiss, dass die Zusammensetzung des Meerwassers auf das spezifische Gewicht einen grossen Einfluss ausübt, sind beim Berechnen der Konstanten nach der Methode der kleinsten Quadrate alle Gewichte gleich gross gesetzt.

Nachdem die Koëffizienten abgerundet waren, ergab sich die Formel

$$\sigma_0 = -0{\cdot}069 + 1{\cdot}4708\ Cl - 0{\cdot}001570\ Cl^2 + 0{\cdot}0000398\ Cl^3.$$

Wasserprobe	*Cl*	σ_0	d_2	d_3
32	1·47362	2·0932	.....	— 0·0014
32 W.	1·4743	2·0932	.....	.....
33	2·92740	4·2243	— 0·0148	0·0005
33 W.	2·9195	4·2243	— 0·0033	.....
29	4·60759	6·6827	0·0028	0·0047
28 W.	5·8372	8·4688	0·0026	— 0·0017
30	8·08881	11·7448	0·0079	— 0·0013
30 W.	8·0896	11·7448	0·0067	.....
7 W.	10·1170	14·6941	0·0111	0·0027
9	10·41027	15·1121	0·0031	— 0·0050
9 W.	10·4127	15·1121	— 0·0004	.....
8 W.	10·8731	15·7855	0·0042	— 0·0032
10	12·84221	18·6453	0·0041	0·0007
10 W.	12·8439	18·6453	0·0016	.....
12 W.	14·2954	20·7585	0·0066	0·0065
25	16·02005	23·2529	— 0·0039	— 0·0011
25 korr.	16·02314	23·2574	— 0·0037	.....
25 W.	16·0250	23·2574	— 0·0065	.....
11 W.	17·8959	25·9883	0·0074	0·0109
16 W.	18·1414	26·3306	— 0·0070	— 0·0037
1	18·59204	26·9873	— 0·0045	— 0·0017
1 korr.	18·59423	26·9905	— 0·0045	.....
1 W.	18·6004	26·9905	— 0·0134	.....
Schwed. W.	18·7806	27·2552	— 0·0107	— 0·0082
2	19·41001	28·1675	— 0·0123	— 0·0112
2 korr.	19·41698	28·1776	— 0·0123	.....
2 W.	19·4070	28·1776	.....	.....
4 W.	19·5835	28·4308	— 0·0009	— 0·0003
3	19·58793	28·4308	— 0·0072	— 0·0066
3 korr.	19·59106	28·4353	— 0·0075	.....
3 W.	19·5897	28·4353	— 0·0053	.....
19 W.	19·7632	28·7051	0·0123	0·0123
20 W.	20·1931	29·4400	.....	.....
21 W.	20·4145	29·6460	0·0076	0·0052
22 W.	21·4066	31·0948	0·0157	0·0082
23	22·23709	32·2919	0·0069	— 0·0064
23 W.	22·2306	32·2919	0·0160	.....

Die Differenzen d_3 zwischen den in der Tabelle angeführten und den aus der Formel berechneten Werthen von σ_0 werden in ein Koordinatensystem (Fig. 5) als Ordinaten aufgetragen, indem die Chlormenge Abszisse ist. Die Figur zeigt, dass die Formel völlig genügt, dass man aber durch eine Chlorbestimmung die zweite Dezimalstelle in σ_0 (die fünfte des spezifischen Gewichtes) nicht ganz richtig erwarten darf.

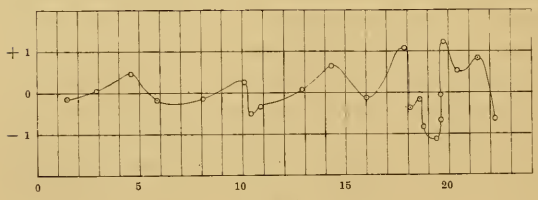


Fig. 5.

Zur Berechnung der Tabelle wurden in die Formel folgende Werthe von $Cl = 0{\cdot}1,\ 0{\cdot}2,\ 0{\cdot}3 \ldots . 23{\cdot}0$ eingesetzt, also im ganzen 230 Werthe, für welche σ_0 direkt berechnet wurde. Durch lineare Interpolation wurde darauf σ_0 für die übrigen Werthe von *Cl* gebildet. Diese Berechnung wurde auf 4 Dezimalstellen ausgeführt, von denen die zwei letzten bei der Eintragung in die endgiltige Tabelle weggelassen wurden.

$\varrho_{17{\cdot}5}$ als Funktion der Chlormenge *Cl*.

Bezeichnet man das spezifische Gewicht des Seewassers bei 17,5°, bezogen auf destillirtes Wasser von 4°, $\sigma_{17{\cdot}5}$, das spezifische Gewicht destillirten Wassers bei 17,5° mit $S_{17{\cdot}5}$, so ist

$$\varrho_{17{\cdot}5} = \left(\frac{\sigma_{17{\cdot}5}}{S_{17{\cdot}5}} - 1\right) 1000$$

In einem folgenden Abschnitt soll näher entwickelt werden, wie das spezifische Gewicht des Seewassers s_t bei der Temperatur t von σ_0 abhängig ist. Wird diese Relation in obige Formel eingeführt, so erhält man $\varrho_{17{\cdot}5}$ als Funktion von σ_0, nämlich:

$$\varrho_{17{\cdot}5} = (0{\cdot}1245 + \sigma_0 - 0{\cdot}0595\ \sigma_0 + 0{\cdot}000155\ \sigma_0^2) \times 1{\cdot}00129.$$

Aus der für σ_0 als Funktion von *Cl* mit den Werthen $1{\cdot}0,\ 1{\cdot}1,\ 1{\cdot}2,\ 1{\cdot}3 \ldots . 23{\cdot}0$ berechneten Tabelle entnimmt man σ_0 mit drei richtigen Dezimalstellen und setzt es in die Formel für $\varrho_{17{\cdot}5}$ ein. Dadurch erhält man eine Reihe von Werthen von $\varrho_{17{\cdot}5}$ als Funktion von *Cl*. Durch Interpolation wird, wie beim Berechnen von σ_0, das Intervall in zehn Theile getheilt. Diese Berechnung wurde auf 4 Dezimalstellen ausgeführt, von denen wiederum die zwei letzten bei der Eintragung in das Manuskript zur endgiltigen Tabelle weggelassen wurden.

2. Titrirtabelle.

Wir denken uns eine Titrirung in der Weise ausgeführt, dass man mittels einer Pipette eine gewisse Menge der Seewasserprobe abmisst, sie mit chromsaurem Kali versetzt und das Chlor durch Silbernitrat, das man aus einer Bürette zufliessen lässt, fällt. Wenn man dieselben Operationen mit einer Seewasserprobe anstellt, deren Chlorgehalt bereits anderweit bestimmt worden ist, also mit sogen. *Normalwasser,* so erhält man dadurch ein Hilfsmittel zur Bestimmung der in der erstgenannten Seewasserprobe enthaltenen Chlormenge, ausgedrückt in Gewichtpromille. Man sieht leicht, dass es, vom theoretischen Standpunkt aus, völlig gleich-

giltig ist, welche Grösse die Eintheilungen der Bürette haben, wenn sie nur gleich gross sind (oder die Bürette kalibrirt ist); den Rauminhalt der Pipette braucht man nicht zu kennen. Wir bezeichnen diesen Rauminhalt mit v und nehmen an, dass die Chlormenge des Normalwassers N sei, während Cl die zu bestimmende Chlormenge der Seewasserprobe bedeutet. Setzen wir fernerhin das spezifische Gewicht des Normalwassers gleich s', das der Seewasserprobe gleich s, und nehmen wir an, dass wir beim Titriren des Normalwassers A Bürettentheile, beim Titriren der Seewasserprobe a Theile gebrauchen, so haben wir zur Bestimmung von Cl:

$$\frac{Cl}{N} = \frac{\frac{a}{v \,.\, s}}{\frac{A}{v \,.\, s'}} = \frac{a\, s'}{A\, s}$$

N ist gegeben, s' ein für allemal bestimmt, a und A direkt abzulesen, während s dagegen eine Funktion von Cl ist und zwar keine einfache Funktion, sodass die Berechnung von Cl eine etwas verwickelte wird, falls sie mit ziemlicher Genauigkeit ausgeführt werden soll. Wenn man bedenkt, dass eine solche Berechnung für jede Titrirung vorzunehmen ist, wird man die Bedeutung einer Tabelle für Cl leicht würdigen. Legt man N, a und A bestimmte Werte bei, so werden damit auch Cl, s und s' bestimmt sein, sodass Cl mithin von drei Variabeln abhängt, vorausgesetzt, dass keine Rücksicht auf den Einfluss der Temperatur genommen wird. Wir wollen nun annehmen, dass sowohl das Normalwasser als auch die Seewasserprobe die Temperatur 17,5 °, die Silberlösung dagegen bei beiden Titrirungen beliebig gleiche Temperatur haben, und setzen wir dann $s' = \left(1 + \frac{\delta'_{17{\cdot}5}}{1000}\right) S_{17{\cdot}5}$ und $s = \left(1 + \frac{\varrho_{17{\cdot}5}}{1000}\right) S_{17{\cdot}5}$, so ist

$$\frac{Cl}{N} = \frac{a}{A} \cdot \frac{1000 + \varrho'_{17{\cdot}5}}{1000 + \varrho_{17{\cdot}5}},$$

wobei $S_{17{\cdot}5}$ das spezifische Gewicht des destillirten Wassers von 17,5 ° bezeichnet.

Wir wollen nun unsere Aufgabe so präzisiren: gewünscht wird eine Tabelle für die Korrektion k, die zu der Ablesung a addirt werden muss, um die Chlormenge Cl zu geben. In formeller Uebereinstimmung damit nehmen wir an, dass sich beim Titriren des Normalwassers herausgestellt habe, eine Korrektion α sei zu der Ablesung zu addiren, um die angegebene Chlormenge N zu geben. Demgemäss setzen wir $a = Cl - k$ und $A = N - \alpha$ und erhalten dann

$$1 - \frac{k}{Cl} = \left(1 - \frac{\alpha}{N}\right) \frac{1000 + \varrho_{17{\cdot}5}}{1000 + \varrho'_{17{\cdot}5}}$$

Wir wollen weiterhin annehmen, dass wir die Lösung in einer solchen Stärke bereiten, dass α im Vergleich zu N eine kleine Grösse sei, d. h., dass wir das Normalwasser mit beinahe N Bürettentheilen Silberlösung versetzen müssen. Wir können dann setzen

$$\frac{1 + \frac{\varrho'_{17{\cdot}5}}{1000}}{1 - \frac{\alpha}{N}} = 1 + R, \text{ woraus } R = \frac{\varrho'_{17{\cdot}5}}{1000} + \frac{\alpha}{N - \alpha}\left(1 + \frac{\varrho'_{17{\cdot}5}}{1000}\right). \qquad (1)$$

Wenn wir $\frac{1}{1+R} = 1 - R$ setzen, erhalten wir

$$k = Cl\left(R - \frac{\varrho_{17{\cdot}5}}{1000}\right)(1 - R). \qquad (2)$$

Dies ist zulässig; denn setzen wir $N = 19{\cdot}38$, und nehmen wir an, dass α höchstens $0{\cdot}15$ werden könne, so wird R weniger als $0{\cdot}035$ betragen. Der Fehler, den wir begehen, wenn wir $\frac{1+R}{1} = 1-R$ setzen, ist gleich R^2, also $0{\cdot}0012$. k kann höchstens den (numerischen) Werth $0{\cdot}3$ annehmen; folglich wird der bei der Bestimmung von k begangene Fehler kleiner als $0{\cdot}00036$ sein, oder der Fehler, den wir bei der Bestimmung des dem grössten Werthe von k entsprechenden Werthes von Cl begehen, wird weniger als $0{\cdot}025$ betragen. Falls man sich also zur Ermittelung einer Chlormenge der Tabelle bedient, wird ein Fehler in das Resultat gebracht, der kleiner als $0{\cdot}00036$ ‰ ist.

Wir setzen nun $N = 19{\cdot}380$ und $\varrho'_{17{\cdot}5} = 26{\cdot}742$ und berechnen mit Hilfe der Formel (1) eine Tabelle für die Werthe von R, wobei wir α der Reihe nach gleich $-0{\cdot}15$, $-0{\cdot}14$, $-0{\cdot}13 \ldots 0 \ldots +0{\cdot}13$, $+0{\cdot}14$, $+0{\cdot}15$ setzen. Für jeden dieser 31 Werthe für R wird aus (2) k berechnet, wobei Cl die Werthe 1, 2, 3, 4 ..... 23 zugetheilt werden; im Ganzen sind also 31×32 verschiedene Werthe zu berechnen. Als Beispiel für diese Berechnungen sei die für $\alpha = -0{\cdot}08$ und $Cl = 18$ angeführt.

Wir haben $R = 0{\cdot}022521$, folglich $1-R = 0{\cdot}977479$ und $\log 1-R = 0{\cdot}99011-1$, welche Werthe für die ganze Cl-Reihe von 1 bis 23 gelten, und giebt dann die Tabelle über Cl, S, σ_0, $\varrho_{17{\cdot}5}$ in den Hydrographischen Tabellen für $Cl = 18$:

$\varrho_{17{\cdot}5} = 24{\cdot}837$	$\log (1-R) = 0{\cdot}99011-1$
$R = 22{\cdot}521$	$\log Cl = 1{\cdot}25527$
$R-\varrho_{17{\cdot}5} = -2{\cdot}316$	$\log k = \text{n } 1{\cdot}61012$
$\log (R-\varrho_{17{\cdot}5}) = \text{n } 0{\cdot}36474$	$k = -0{\cdot}04075$

Alle diese Berechnungen wurden nur einmal ausgeführt, ihre Richtigkeit indessen dadurch geprüft, dass für jeden einzelnen Werth von α eine Tabelle über k als Funktion von Cl aufgestellt wurde, wobei Cl die Werthe 1, 2, 3, 4 ... 23 hatte. In dieser Tabelle bildete man die zweite Differenz, die sich im grossen Ganzen konstant erweisen sollte. Als Beispiel einer solchen Prüfung gebe ich die für $\alpha = -0{\cdot}08$.

Cl	k			Cl	k			Cl	k		
0	0·0000			8	0·0894		0·0026	16	0·0069		0·0027
		0·0206				—0·0009				0·0225	
1	0·0206		0·0027	9	885		27	17	—0·0156		26
		179				36				251	
2	385		27	10	849		26	18	407		28
		152				62				279	
3	537		27	11	787		28	19	686		28
		125				90				307	
4	662		27	12	697		27	20	993		27
		98				117				334	
5	760		26	13	580		26	21	1327		28
		72				143				362	
6	832		27	14	437		27	22	1689		0·0027
		45				170				—0·0389	
7	877		28	15	267		28	23	—0·2078		
		17				198					

Aus dieser Tabelle, in der k als Funktion von Cl ausgedrückt ist, ermittelt man durch Interpolation nach der Formel zweiten Grades die Werthe von Cl, die denjenigen von k

entsprechen, die sich durch Addition von $\pm n \times 0{\cdot}010$ zu 0·005 ergeben, wobei n die ganzen Zahlen sind. Werthe, die grösser als der grösste oder kleiner als der kleinste Werth in der Tabelle sind, werden nicht in Betracht gezogen, oder jedenfalls nur ein Werth ausserhalb dieser Grenzen. Man erhält dann nachstehende Tabelle. Die Kolumne für a_1 ist aus k und Cl dadurch gebildet, dass $a_1 = Cl - k$. Jedem positiven Werth von k entsprechen zwei Werthe von Cl und zwei von a.

k	Cl		a_1		a	
— 0·205	22·93		23·14		23·14	
0·195	22·68		22·88		22·88	
0·185	22·42		22·61		22·61	
0.175	22·16		22·34		22·34	
0·165	21·90		22·07		22·05	
0·155	21·62		21·78		21·76	
0·145	21·35		21·50		21·50	
0·135	21·07		21·21		21·20	
0·125	20·98		20·91		20·90	
0·115	20·48		20·60		20·60	
0·105	20·18		20·29		20·28	
0·095	19·87		19·97		19·96	
0·085	19·55		19·64		19·63	
0·075	19·22		19·30		19·29	
0·065	18·88		18·95		18·94	
0·055	18·53		18.59		18·58	
0·045	18·16		18·21		18·19	
0·035	17·77		17·81		17·80	
0·025	17·39		17·42		17·41	
0·015	16·97		16·99		16·99	
— 0·005	16·54		16·55		16·54	
+ 0·005	16·09	0·23	16·08	0·22	16·08	0·22
0·015	15·64	0·72	15·62	0·70	15·58	0·70
0·025	15·09	1·23	15·06	1·20	15·07	1·21
0·035	14·53	1·79	14·49	1·75	14·50	1·77
0·045	13·92	2·41	13·87	2·36	13·88	2·37
0·055	13·22	3·10	13.16	3·04	13·17	3·05
0·065	12·43	3·89	12·36	3·82	12·37	3·83
0·075	11·45	4·89	11·37	4·81	11·36	4·81
0·085	9·98	6·33	9·89	6·24	9·91	6.26

Für jeden der benutzten Werthe von α, nämlich —0·15, —0·14, —0·13 .... +0·15, wurde eine solche Tabelle aufgestellt, und die gefundenen Werthe für a mit α als Argument in senkrechten Kolumnen aufgeführt. Mittels Interpolation in diesen Kolumnen wurden diejenigen Werthe von a bestimmt, die den folgenden Werthen von α: —0·145, —0·135, —0·125 .... +0·135 entsprachen. Durch die wegen der Interpolation vorgenommene Differenzbildung sicherte man sich vor eventuellen Rechenfehlern beim Übergang von Cl als Argument und k

als Funktion zu k als Argument und a_1 als Funktion und eliminirte die durch das Abrunden entstandenen Unregelmässigkeiten. Bei dieser Ausgleichung ergaben sich die beiden letzten Kolumnen für a in der Tabelle. Die den grössten Werthen von k entsprechenden Werthe von a wurden bei dem angewandten Verfahren mit ziemlich grosser Ungenauigkeit bestimmt, und eben für diese Werthe bot die vorgenommene Differenzbildung nur geringe Kontrolle. Sie wurden deshalb auf eine direktere Weise berechnet.

Aus dem S. 160 angeführten Beispiel einer Tabelle mit Cl als Argument und k als Funktion ersieht man, dass k eine Funktion zweiten Grades von Cl ist mit Maximum für einen Werth von Cl zwischen 8 und 9.

Wir setzen dann

$$m\,Cl^2 + n\,Cl + p = k$$

und bestimmen m, n und p mittels drei der Tabelle entnommenen Gleichungen, wobei Cl Werthe hat, die in der Nähe des Maximums liegen. Aus der angeführten, für $\alpha = -0{\cdot}08$ geltenden Tabelle wurde $Cl = 6$, 8 und 10 gewählt. In gleicher Weise wurden m, n und p für die übrigen Werthe von α bestimmt. Die gefundenen Werthe für m, n und p wurden als Funktionen von α in Tabellenform gebracht und durch Differenzbildung ausgeglichen. So ergab sich eine Gleichung für jeden Werth von α_1 und wurde daraus Cl bestimmt, indem

$$Cl = \frac{-n \pm \sqrt{n^2 - 4\,m\,(p-k)}}{2\,m.}$$

Aus diesen Werthpaaren für Cl wurde wiederum a gebildet, indem $a = Cl - k$ ist. Diese Werthe wurden darauf in die endgiltige Tabelle eingetragen statt der auf indirektem Wege gefundenen, von denen sie sich übrigens nur in geringem Grade unterschieden.

Aus der Tabelle S. 161 ersieht man, dass, wenn $\alpha = -0{\cdot}08$ ist, für beispielsweise eine Ablesung $a = 19{\cdot}29$ $k = -0{\cdot}075$, für $a = 18{\cdot}94$ $k = -0{\cdot}065$ sein wird; für eine Ablesung a, die zwischen 18·94 und 19·29 liegt, muss man also $k = -0{\cdot}07$ benutzen, wobei man sich bei k mit zwei Dezimalstellen begnügen kann. k wird deshalb mit zwei Dezimalstellen in die endgiltige Tabelle so eingetragen, dass jeder Werth von k für das Intervall von α gilt, bei dem es steht. Eine Anleitung zum Gebrauch der Tabelle habe ich in der Einleitung zu den Hydrographischen Tabellen gegeben. Bedient man sich dieser Tabellen, so begeht man, da k auf zwei Dezimalstellen abgerundet ist, denselben Fehler, den man begehen würde, wenn man Cl direkt aus a auf die gewöhnliche Weise berechnete und das Resultat auf zwei Dezimalstellen abrundete.

Die Tabelle setzt voraus, dass $N = 19{\cdot}380$ sei. Wir wollen nun untersuchen, welche Aenderung die in dieser angeführten Werthe von k durch Aenderung des Normalwassers erleiden. Differentiirt man die Formel

$$k = Cl\left(R - \frac{\varrho_{17{\cdot}5}}{1000}\right)(1 - R)$$

in Bezug auf N, so erhält man

$$\frac{dk}{dN} = Cl\left(1 + \frac{\varrho_{17{\cdot}5}}{1000} - 2R\right)\frac{dR}{dN}$$

oder annähernd

$$\frac{dk}{dN} = Cl\,\frac{dR}{dN}.$$

Aus dem Ausdruck für R auf S. 159 lässt sich $\frac{dR}{dN}$ ermitteln. Setzt man den gefundenen Werth ein, so bekommt man annähernd

$$\frac{dk}{dN} = Cl\left(\frac{d\varrho'_{17{\cdot}5}}{1000\,dN} - \frac{\alpha}{N^2}\right).$$

Für $Cl = 24$ (den grössten Werth) und $\alpha = -0{\cdot}15$ (den ungünstigsten Werth) ermittelt man annähernd

$$dk = 0{\cdot}043\,dN.$$

Verlangen wir, das für k wegen der Abweichung des benutzten Normalwassers von 19·380 der Fehler nicht mehr als 0·001 betragen darf, so muss dN kleiner als 0·02 sein, eine Forderung, die sich mit einiger Sorgfalt erfüllen lässt.

Um zu untersuchen, in welchem Grade eine Temperaturänderung der Meerwasser- und der Normalwasserprobe auf k einwirkt, nehmen wir an, dass die Temperatur der beiden Proben von 17,5 ° auf 17,5 ° + dt verändert wird. Wir haben dann

$$dk = \left(\frac{d\sigma'}{dt} - \frac{d\sigma}{dt}\right)\frac{dt}{1000}\cdot Cl \qquad (1)$$

wobei σ für die Meerwasserprobe, σ' für das Normalwasser gilt. Durch die Formel für σ_t in Hydrographischen Tabellen S. IV wird $\frac{d\sigma_t}{dt}$ berechnet:

$$\frac{d\sigma_t}{dt} = \frac{d\Sigma_t}{dt} + (\sigma_0 + 0{\cdot}1324)\left(-\frac{dA_t}{dt} + \frac{dB_t}{dt}(\sigma_0 - 0{\cdot}1324)\right)$$

Aus dem Ausdruck für B_t ersieht man, dass das letzte Glied der Parenthese im Vergleich zum ersten klein ist, weshalb es vernachlässigt wird. Setzt man dies Resultat in (1) ein, so erhält man annähernd

$$dk = \frac{dt}{1000}\,Cl\,\frac{dA_t}{dt}(\sigma_0 - \sigma'_0).$$

Für $t = 17{\cdot}5$ hat man $\frac{dA_t}{dt} = 2{\cdot}45 \times 10^{-3}$, folglich

$$dk = 2{\cdot}35 \times 10^{-6}\,Cl\,(\sigma_0 - \sigma'_0)\,dt.$$

Differentiirt man in Bezug auf Cl oder σ_0, so sieht man, dass dk den grössten Werth erhält, wenn σ_0 halb so gross wie σ'_0 ist. Wir setzen dann $\sigma_0 - \sigma'_0 = -14{\cdot}07$ und dementsprechend $Cl = 9{\cdot}69$. Werden diese Werthe eingesetzt, so ergiebt sich annähernd

$$dk = -\frac{0{\cdot}001}{3}\,dt.$$

Wir sehen also, dass die Temperatur einen sehr geringen Einfluss ausübt, vorausgesetzt, dass die Temperatur der Silberlösung unverändert bleibt und die Wasserproben die gleiche Temperatur wie das Normalwasser haben. Die Tabelle lässt sich somit für alle Titrirungen verwenden, einerlei bei welcher Temperatur dieselben ausgeführt werden.

Ein Fehler systematischer Natur, den man jedoch nicht vermeiden kann, ohne die Titrirungen zu erschweren, rührt davon her, dass eine gewisse Menge Silbernitrat im Ueberschuss zugesetzt werden muss, um die nothwendige Farbenreaktion hervorzurufen. Es trägt dies dazu bei, dass man durch eine Titrirung nur dann die genaue Chlormenge ermittelt, wenn die Chlormenge der Wasserprobe der des Normalwassers gleich ist. Die Grösse des begangenen Fehlers

ist von der Menge des chromsauren Kali, der Stärke der Farbenreaktion und endlich von der Zeit, die der Beobachter zu einer Titrirung braucht, abhängig. Es ist deshalb unmöglich, dies in einer Tabelle, die von Allen benutzt werden soll, zu berücksichtigen, und ist es aus diesem Grunde auch nicht in der Titrirtabelle geschehen. Der Fehler wird jedoch für die niedrigen Konzentrationen selten mehr als ca. 0·05 ‰ des Salzgehaltes betragen und verringert sich natürlich in dem Maasse, als der Salzgehalt sich dem des Normalwassers nähert.

3. Abhängigkeit des spezifischen Gewichts von der Temperatur.

Wie aus dem oben unverkürzt abgedruckten Berichte Dr. Forchs zu entnehmen ist, war für eine Reihe von Wasserproben verschiedensten Salzgehalts die thermische Ausdehnung des Seewassers besonders für unsre Zwecke neu bestimmt worden. Dr. Forchs Tabellen konnten also die Grundlage für unsre weiteren Berechnungen liefern. Es sei jedoch bemerkt, dass Herr Forch die Beobachtungen an der uns zur Verfügung stehenden Wasserprobe mit dem grössten Salzgehalt (aus dem Mittelmeer) deshalb ganz verworfen hat, weil er die Bestimmung des Volums bei 0° als unrichtig erkannte. Nachträglich war es uns jedoch möglich, σ_0 aus $\sigma_{24\cdot6}$ mit Hilfe der Formel auf S. 134 zuverlässig zu berechnen, sodass nunmehr auch die erwähnten Bestimmungen für unsre Zwecke nutzbar wurden. Die betreffenden Volumzahlen, die in Dr. Forchs Tabellen fehlen, sind: $\sigma_0 = 31{\cdot}637$.

t^0:	v:
0·266	1·000 0000
5·066	1·000 5811
9·670	1·001 2998
14·868	1·002 3151
20·336	1·003 6489
24·798	1·004 9186
30·327	1·006 7112

Um die Berechnungen späterhin zu erleichtern, wurden die von Dr. Forch in seinen Tabellen angegebenen Formeln zur Reduktion der Beobachtungstemperaturen auf die ganzen Grade 0°, 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30° benutzt. Diese Reduktion wurde in der Weise ausgeführt, dass die Formeln in Bezug auf t differentiirt wurden. In den so gefundenen Ausdruck für $\frac{dv}{dt}$ wurde der Werth von t eingesetzt, der zwischen der Beobachtungstemperatur und derjenigen lag, auf welche erstere reduzirt werden sollte. Multiplizirte man darauf den dadurch entstandenen Werth für $\frac{dv}{dt}$ mit der Differenz zwischen diesen beiden Temperaturen, so erhielt man die der vorgenommenen Temperaturänderung entsprechende Aenderung von v, wonach v sich für die Temperaturen 0°, 5° . . . . . 30° leicht bestimmen liess.

Die so gefundenen Werthe von v wurden dann noch in derselben Weise, wie die Dr. Forchs, völlig ausgeglichen, jedoch mit Hinzufügung eines Gliedes vierten Grades. Diese Ausgleichung gab indessen kein besseres Resultat als die von Dr. Forch.

Es ist zu erwarten, dass die Abhängigkeit des spezifischen Gewichtes von der Temperatur sich ebenso gut wie die des Rauminhaltes bestimmen lässt, und da man in der Hydrographie

fast ausschliesslich mit Dichtigkeitsgrössen und nicht mit Volumgrössen arbeitet, wurden die ermittelten Werthe für v in σ umgewandelt. Um diese Aenderung vorzunehmen, wurden für jede einzelne Wasserprobe die Werthe für v durch den bei 0° angeführten Werth von v dividirt. Die so gefundenen Grössen v_t vertreten dann die Rauminhalte, wenn sie bei 0° gleich 1 gesetzt werden. Bezeichnet σ_t den für die Temperatur $t°$ geltenden Werth von σ, so hat man also

$$1 + \frac{\sigma_t}{1000} = \frac{1 + \frac{\sigma_0}{1000}}{v_t} \qquad (1)$$

woraus σ_t sich bestimmen lässt.

Wir wollen nun σ_t als Funktion von σ_0 und t betrachten, und es liegt dann nahe, auf ähnliche Weise zu verfahren wie damals, wo $\sigma_{24\cdot6}$ als Funktion von σ_0 bestimmt wurde (S. 134). Es bleibt nur die Frage, ob die gefundene Funktion, mit anderen Konstanten, sich auch bei anderen Temperaturen als 24·6° verwenden lässt. Um darüber ins Klare zu kommen, wurde auf folgende Weise verfahren.

Die Formel, deren Richtigkeit geprüft werden soll, lautet:

$$\sigma_t = \Sigma_t + (\sigma_0 + 0{\cdot}1324)\ [1 - A_t + B_t\ (\sigma_0 - 0{\cdot}1324)] \qquad (2)$$

Σ_t ist durch das spezifische Gewicht destillirten Wassers bei $t°$ bestimmt und demnach als eine bekannte Grösse anzusehen ($\Sigma_0 = -0{\cdot}1324$). A_t und B_t sind die beiden unbekannten Koeffizienten.

Aus (1) wurde σ_t für die durch 5 theilbaren Temperaturen bestimmt und daraus $\sigma_0 - \sigma_t - (-0{\cdot}1324 - \Sigma_t)$ gebildet, welche Grösse, — wie man aus (2) ersieht —, gleich $(\sigma_0 + 0{\cdot}1324)$ $(A_t - B_t\ (\sigma_0 - 0{\cdot}1324))$ ist. Die auf diese Weise berechneten Werthe dieser Grösse wurden darauf in nachstehende Tabelle eingetragen. Für $t = 0$ ist die Grösse 0.

Tabelle I.

Werthe für $\sigma_0 - \sigma_t - (-0{\cdot}1324 - \Sigma_t) = 0$ (beobachtet).

Wasserprobe	σ_0	$t = 5°$	$t = 10°$	$t = 15°$	$t = 20°$	$t = 25°$	$t = 30°$	$t = 24{\cdot}6°$
Mittelmeer	31.637	0·5881	1·1333	1·5460	1·8965	2·1899	2·4433	2·1681
4	28·432	0·5600	1·0235	1·4130	1·7330	2·0017	2·2303	1·9816
Ingolf 96	28·162	0.5535	1·0113	1·3936	1·7076	1·9742	—	1·9554
Ingolf 94	28·076	0·5526	1·0071	1·3926	1·7143	1·9637	2·1887	1·9448
Schwedische	27·242	0.5415	0·9841	1·3622	1·6571	1·9079	2·1247	1·8893
11	25·990	0·5147	0·9421	1·2968	1·5846	1·8321	2·0310	1·8142
25	23·254	0·4681	0·8522	1·1722	1·4354	1·6549	1·8329	1·6390
12	20·754	0·4214	0.7692	1.0570	1·2886	1·4877	1·6522	1·4729
10	18·658	0·3841	0.6941	0·9549	1·1691	1·3454	1·5036	1·3324
9	15·116	0·3132	0·5714	0·7799	0·9575	1·1010	1·2320	1·0899
30	11·756	0·2520	0·4534	0·6236	0.7586	0·8745	0·9782	0·8657
28	8·467	0·1834	0·3281	0·4521	0·5473	0·6388	0·7130	0.6323
29	6·681	0·1448	0·2635	0·3597	0·4439	0.5091	0·5693	0·5040
Dr. Forchs Probe	2·509	0·0635	0·1109	0·1487	0·1767	0·2087	0·2342	0·2064

Die in der letzten Kolumne aufgestellten Werthe sind aus den Beobachtungen Dr. Forchs in derselben Weise wie die übrigen bestimmt worden. Wir wussten, dass obige Formel für diese Temperatur galt, und bestimmten A_t und B_t aus zwei Gleichungen, die wir erhielten, indem wir die Formel bei den Wasserproben 29 und 11 anwandten. Die so gefundenen Werthe für $A_{24\cdot6}$ und $B_{24\cdot6}$ wichen nicht viel von den mittels des Pyknometers bestimmten ab. Nebst den in der Tabelle angeführten Werthen für σ_0 wurden sie in die Formel eingesetzt, wodurch sich eine Reihe berechneter Werthe U ergab. Diese wurden von den in der Tabelle befindlichen Werthen für O abgezogen, und die so entstandenen Differenzen $O - U$ (beobachtet — berechnet) als Ordinaten in ein Koordinatensystem mit σ_0 als Abszisse eingetragen. Durch die Endpunkte der Ordinaten wurde eine Kurve gelegt, die unregelmässig um die Abszissenachse verlief. Bei einer einzelnen Wasserprobe wurden jedoch die Ordinaten grösser, als man aus den Beobachtungsfehlern erwarten sollte. Durch die Anwendbarkeit der Formel bei den Pyknometermessungen lässt sich indessen mit Sicherheit schliessen, dass obige Abweichung ausschliesslich Beobachtungsfehlern zuzuschreiben ist.

In derselben Art und Weise wurden für die Temperaturen 5 °, 10 °, 15 °, 20 °, 25 ° und 30 ° Kurven hergestellt, die alle durchschnittlich gleichen Abstand von der Abszissenachse wie die 24,6 ° Kurve aufwiesen. Hieraus schliessen wir dann, dass die Formel sich nicht nur für die Temperatur 24,6 °, sondern auch mit anderen Konstanten für jede beliebige Temperatur verwenden lässt.

Nachdem dies festgestellt war, wurden A_5 und B_5, A_{10} und B_{10} u. s. w. aus allen Werthen der Tabelle berechnet, indem in jeder einzelnen Kolumne nach der Methode der kleinsten Quadrate ausgeglichen wurde, was im ganzen 7 verschiedene Ausgleichungen erforderte. Die so gefundenen Werthe von A und B hängen nur von der Temperatur ab; sie wurden in gleicher Weise, wie vorstehend, zur Bildung der Differenzen zwischen den beobachteten Werthen O und den nun mittels der ausgeglichenen Werthe für A und B berechneten Werthen U verwendet. Das neue Kurvensystem war natürlich vom ersteren nicht wesentlich verschieden.

Die gefundenen Werthe für A_t und B_t sind in nachstehender Tabelle angeführt. In dieser und bei den folgenden Berechnungen ist für t T benutzt worden, wobei $t = 5\,T$ ist.

Tabelle II.

T	$A_t \times 10^3$	$B_t \times 10^6$
0	0	0
1	22·017	86·449
2	39·564	135·15
3	53·896	160·66
4	65·892	198·87
5	75·967	226·82
6	85·421	295·83

Wir wollen nun untersuchen, welche Funktionen von T A_t und B_t sind. Hierbei ergiebt sich, dass A_t sich sehr gut durch eine Funktion dritten Grades darstellen lässt, während B hauptsächlich einer Funktion zweiten Grades folgt, jedoch nicht so genau, dass wir uns damit

begnügen können. Eine einfache Funktion, die besser genügte, wurde nicht gefunden. Mittels der in der Tabelle angeführten Werthe von A_t für T gleich 0, 2, 4, 6 ergaben sich

$$A_t \times 10^3 = 0 + 24{\cdot}164\,T - 2{\cdot}4591\,T^2 + 0{\cdot}1341\,T^3$$

$$\text{und } B_t \times 10^6 = 0 + 57{\cdot}795\,T - 1{\cdot}415\,T^2$$

Werden diese Werthe für A_t und B_t in (2) eingesetzt, erhalten wir eine einzige, allen Beobachtungen jedoch nur annähernd genügende Formel, die deshalb nur als vorläufiges Hilfsmittel benutzt werden kann.

Wir setzen

$$u = (0 + 24{\cdot}164\,T - 2{\cdot}4591\,T^2 + 0{\cdot}1341\,T^3)\,\frac{\sigma_0 - \Sigma_0}{1000} - (0 + 57{\cdot}795\,T - 1{\cdot}415\,T^2)\,\frac{(\sigma_0 - \Sigma_0)(\sigma_0 + \Sigma_0)}{1\,000\,000} \quad (3)$$

und stellen uns die Aufgabe, eine Formel derselben Art zu ermitteln, in der A_t und B_t als Funktionen von T genauer bestimmt sind, und wollen dabei so verfahren, dass wir nicht — wie bisher — zweierlei Ausgleichungen, sondern nur eine vornehmen. Der erste Versuch bestand nämlich darin, von allen Beobachtungen diejenigen, die σ_0 gemeinsam haben, auszuwählen, t als Argument zu betrachten, σ_t als Funktion von t zu ermitteln und endlich in den gefundenen Formeln die Koëffizienten auszugleichen, wobei σ_0 als Argument betrachtet wurde. Der zweite Versuch, zu dem ich durch die Dichtigkeitsbestimmungen mittels des Pyknometers geführt wurde, bestand darin, σ_0 als Argument zu betrachten, σ_t als dessen Funktion für jede Temperatur zu ermitteln und darauf in der gefundenen Formel die Koëffizienten auszugleichen, wobei t als Argument betrachtet wurde. Es zeigte sich, dass letzteres Verfahren ersterem bei weitem vorzuziehen war, aber genügen konnte dieses auch nicht, weil die Werthe von A_t und B_t eine so unsichere Bestimmung der Beziehungen zwischen diesen Grössen und der Temperatur lieferten.

Es liegt daher nahe, die Ausgleichungen in der Weise auszuführen, dass alle in Tabelle I enthaltenen Werthe als gleichwerthige Beobachtungen betrachtet werden, mittels deren wir in einer Formel ähnlicher Gestalt wie (3) die Koëffizienten finden wollen. Da die Formel 7 Konstanten enthält und 97 Beobachtungen vorhanden sind, würde die Berechnung also eine sehr umständliche sein, wenn die Methode der kleinsten Quadrate direkt auf die in Tabelle I befindlichen Beobachtungen angewandt würde.

Die Formel, nach der wir die Ausgleichung ausführen wollen, lautet:

$$\sigma_0 - \sigma_t - (\Sigma_0 - \Sigma_t) = (a + b\,T + c\,T^2 + d\,T^3)(\sigma_0 - \Sigma_0) - (a_1 + b_1\,T + c_1\,T^2)(\sigma_0 - \Sigma_0)(\sigma_0 + \Sigma_0) \quad (4)$$

Für diese Grösse giebt Tabelle I eine Reihe von Werthen, die anzusehen sind, als ob sie alle gleiches Gewicht hätten. Dividirt man auf beiden Seiten des Gleichheitszeichens durch $\sigma_0 - \Sigma_0$, so erhält man eine neue Reihe von Grössen, die nun verschiedenes Gewicht haben, je nach dem Werth von $\sigma_0 - \Sigma_0$. Um der Ausgleichung willen brauchen wir indessen nicht das Gewicht mit besonders grosser Genauigkeit zu kennen. Wir dividiren deshalb $\sigma_0 - \Sigma_0$ durch 5 und setzen das Gewicht gleich der dem Quotienten nächsten ganzen Zahl. Die in Tabelle I enthaltenen Beobachtungen, dividirt durch den genauen Werth von $\sigma_0 - \Sigma_0$, gelten also nun für T gleich 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 und für eine Reihe Werte von $\sigma_0 + \Sigma_0$ mit vielen Dezimalstellen.

Mittels der vorläufigen Ausgleichung, durch welche die in Tabelle II enthaltenen Werthe für A_t und B_t bestimmt wurden, sind wir jetzt im Stande, die Beobachtungen in Tabelle I zu reduziren, sodass sie für die ganzen Werthe von $\sigma_0 + \Sigma_0$ gelten. Aus σ_0, mit den in Tabelle I angegebenen Werthen, wird $\sigma_0 + \Sigma_0$ gebildet, und die Differenz zwischen dieser und der ihr nächsten ganzen Zahl wird bestimmt und durch $\Delta\sigma_0$ bezeichnet. Indem man hat

$$O = A_t (\sigma_0 - \Sigma_0) - B_t (\sigma_0^2 - \Sigma_0^2)$$

erhält man durch Differentiation

$$\frac{dO}{d\sigma_0} = A_t - 2 B_t \sigma_0$$

Für die Werthe von σ_0, die in der Mitte zwischen den in der Tabelle angegebenen Werthen und denjenigen, auf welche reduzirt wird, liegen, berechnet man $\frac{dO}{d\sigma_0}$, woraus man durch Multiplikation mit $\Delta\sigma_0$ die Grösse erhält, um welche O zu ändern ist, um den erwünschten Werthen von $\sigma_0 + \Sigma_0$ zu entsprechen. Dass diese Reduktionen durchaus zulässig waren, ersah man beim Betrachten der Grösse für $\Delta\sigma_0$ in Verbindung mit den gezeichneten Kurvensystemen. Wir erhalten also nun eine neue Tabelle über σ_0, welche die Beobachtungen vertritt. Aus (3) wird u berechnet und von den in der Tabelle enthaltenen Werthen subtrahirt, wodurch wir nachfolgende Tabelle bekommen.

Tabelle über $\sigma - u$.

Gewicht m	$\sigma_0 + \Sigma_0$	$\sigma_0 - \Sigma_0$	$T = 1$	$T = 2$	$T = 3$	$T = 4$	$T = 5$	$T = 6$
0	32	32·265	— 0·0501	— 0·0143	— 0·0081	+ 0·0122	+ 0·0267	+ 0·0256
6	28	28·265	— 0·0178	— 0·0174	+ 0·0010	(+ 0·0192)	(+ 0·0324)	(+ 0·0294)
6	28	28·265	— 0·0197	— 0·0210	— 0·0063	+ 0·0086	+ 0·0219	—
6	28	28·265	— 0·0191	— 0·0224	— 0·0035	(+ 0·0200)	+ 0·0168	(+ 0·0123)
5	27	27·265	— 0·0143	— 0·0172	+ 0·0037	+ 0·0079	+ 0·0126	+ 0·0058
5	26	26·265	— 0·0178	— 0·0174	— 0·0048	+ 0·0043	+ 0·0155	— 0·0007
5	23	23·265	— 0·0120	— 0·0135	— 0·0034	+ 0·0071	+ 0·0121	— 0·0048
4	21	21·265	— 0·0108	— 0·0103	— 0·0013	+ 0·0023	+ 0·0078	— 0·0046
4	19	19·265	— 0·0071	— 0·0114	— 0·0035	+ 0·0037	+ 0·0041	+ 0·0015
3	15	15·265	— 0·0070	— 0·0068	— 0·0065	+ 0·0004	— 0·0015	— 0·0030
2	12	12·265	— 0·0001	— 0·0020	+ 0·0041	+ 0·0041	+ 0·0050	+ 0·0035
2	8	8·265	— 0·0003	— 0·0041	— 0·0005	— 0·0044	+ 0·0025	— 0·0004
2	7	7·265	— 0·0016	— 0·0013	— 0·0010	+ 0·0043	+ 0·0020	+ 0·0004
0	2	2·265	+ 0·0062	+ 0·0071	+ 0·0072	+ 0·0042	+ 0·0093	+ 0·0105

Man sieht, dass diese Tabelle, wie zu erwarten war, systematische Abweichungen in hohem Grade aufweist. Das Gewicht ist, wie angeführt, aus $\sigma_0 - \Sigma_0$ durch Division durch 5 ermittelt worden. Nur für die Mittelmeerwasserprobe und die künstlich hergestellte Probe wurden die Gewichte gleich 0 gesetzt, weil die Abweichungen von einer solchen Beschaffenheit waren, dass man irgend einen bedeutenden Beobachtungsfehler voraussetzen musste, weshalb wir bei der Berechnung diese Proben unberücksichtigt liessen. Ebenfalls wurden die eingeklammerten Bestimmungen unbeachtet gelassen, weil für diese hohen Temperaturen Pyknometer-

bestimmungen vorlagen, bei denen grobe Beobachtungsfehler nicht vorkommen können. Die Zahlen der Tabelle wurden durch $\sigma_0 - \Sigma_0$ dividirt, darauf mit dem Gewicht m multiplizirt und waren dann zur Ausgleichung fertig, wobei jede einzelne derselben σ' gleich

$$(\alpha + \beta T + \gamma T^2 + \delta T^3)\, m\, 10^{-3} - (\alpha_1 + \beta_1 T + \gamma_1 T^2)\, m\, (\sigma_0 - \Sigma_0)\, 10^{-6}$$

gesetzt wurde. In dieser Formel wurden α, β, γ, δ, α_1, β_1, γ_1 nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt. Die Berechnung für die 66 Beobachtungen war mit Bildung und Auflösung von 7 Normalgleichungen verbunden und demgemäss ziemlich umständlich. Die gefundenen Koëffizienten wurden zu den Koëffizienten der Formel (3) addirt, wonach die Formel fertig war. Dabei ergaben sich

$$\alpha = 0{\cdot}340 \text{ und } \alpha_1 = 13{\cdot}0.$$

Für $T = 0$ sollen diese beiden Grössen Null sein und müssen folglich als so klein ermittelt werden, dass sie, ohne der Formel zu schaden, für jeden Werth von σ_0 vernachlässigt werden können, was jedoch hier schwerlich der Fall sein wird. Berechnet man die Differenzen zwischen den beobachteten und den aus der Formel ermittelten Werthen, so zeigt sich, dass sie systematische Abweichungen aufweisen, woraus zu vermuthen ist, dass die Formel nicht völlig genügt hat, und das besonders die Vertheilung zwischen den beiden Gliedern der Formel keine erfolgreiche gewesen ist. Es wurde deshalb in das letzte Glied eine dritte Potenz von T eingefügt, sodass die Formel, nach der die Ausgleichung vor sich ging, nunmehr lautet:

$$O' = (\alpha + \beta T + \gamma T^2 + \delta T^3)\, m\, 10^{-3} - (\alpha_1 + \beta_1 T + \gamma_1 T^2 + \delta_1 T^3)\, m\, (\sigma_0 - \Sigma_0)\, 10^{-6}$$

Die Berechnung wurde ganz wie oben ausgeführt, nur dass jetzt 8 Normalgleichungen verwandt werden mussten. Die für α, β, γ u. s. w. gefundenen Werthe wurden zu den Koëffizienten in (3) addirt, wodurch folgende Formel sich ergab:

$$U' = \sigma_0 - \sigma t - (\Sigma_0 - \Sigma_t) = (0{\cdot}031233 + 24{\cdot}1376\, T - 2{\cdot}47558\, T^2 + 0{\cdot}13669\, T^3)\, (\sigma_0 - \Sigma_0)\, 10^{-3}$$
$$- (0{\cdot}60154 + 101{\cdot}3240\, T - 22{\cdot}9401\, T^2 + 2{\cdot}3423\, T^3)\, (\sigma_0 - \Sigma_0)\, (\sigma_0 + \Sigma_0)\, 10^{-6}$$

Setzen wir $T = O$, wird die linke Seite identisch gleich O, während die rechte Seite giebt:

$$U' = 0{\cdot}031233 \,.\, 10^{-3} .\, (\sigma_0 - \Sigma_0) - 0{\cdot}60154 \,.\, 10^{-6}\, (\sigma_0{}^2 - \Sigma_0{}^2)$$

Differentiirt man in Bezug auf das variable σ_0, und wird $\frac{d\,U'}{d\,\sigma_0} = O$ gesetzt, so findet man den Werth von σ_0, der den grössten Werth von U' giebt. Wir erhalten:

$$\frac{d\,U'}{d\,\sigma_0} = O = 31{\cdot}232 \,.\, 10^{-6} - 1{\cdot}20308 \,.\, 10^{-6}\, \sigma_0$$

woraus $\sigma_0 = 26$.

Setzt man in der Formel $T = O$ und $\sigma_0 = 26$, erhält man

$$U \text{ (Maximum)} = 0{\cdot}00041.$$

Wie aus der Differenztabelle hervorgeht, ist σ_t nicht annähernd mit dieser Genauigkeit bestimmt, sodass man ohne weiteres die gefundenen Werthe von α und α_1 vernachlässigen kann; geschieht dies, und rundet man die Koëffizienten der Formel ab, so erhält man jetzt:

$$U' = \sigma_0 - \sigma_t - (\Sigma_0 - \Sigma_t) = (24{\cdot}14 - 2{\cdot}476\, T + 0{\cdot}1367\, T^2) \,.\, T \,.\, 10^{-3}\, (\sigma_0 - \Sigma_0)$$
$$- (101{\cdot}3 - 22{\cdot}94\, T + 2{\cdot}342\, T^2)\, T \,.\, 10^{-6}\, (\sigma_0 - \Sigma_0)\, (\sigma_0 + \Sigma_0) \qquad (5)$$

Mittels dieser Formel wird U' berechnet, indem man die Werthe 1, 2, 3, 4, 5, 6 für T sowie die benutzten Werthe für σ_0 einsetzt; und es werden dann die Differenzen zwischen den beobachteten Werthen O und den so berechneten gebildet. Dadurch erhalten wir folgende

Tabelle. Die eingeklammerten Werthe rühren von den bei den Konstantenbestimmungen unberücksichtigt gelassenen Beobachtungen her und dürfen deshalb bei der Fehlerkritik nicht in Betracht gezogen werden.

Tabelle über $O-U^1$.

Wasserprobe:	σ_0	$t=5$	$t=10$	$t=15$	$t=20$	$t=25$	$t=30$
Mittelmeer	31·637	(— 0·0237)	(0·0091)	(— 0·0032)	(— 0·0023)	(0·0050)	(0·0237)
4	28·432	0·0025	0.0008	0·0054	(0·0085)	(0·0165)	(0·0284)
Ingolf 96	28·162	0·0007	— 0·0027	— 0·0020	— 0·0020	0·0061	—
Ingolf 94	28·076	0·0013	— 0·0042	0·0010	(0·0095)	0·0010	(0·0114)
Schwedische	27·242	0·0046	0·0001	0·0080	— 0·0016	— 0·0019	0·0052
11	25·990	— 0·0003	— 0·0014	— 0·0007	— 0·0044	0·0023	— 0·0010
25	23·254	0·0019	— 0·0008	0·0003	0·0008	0·0023	— 0·0047
12	20·754	0·0008	0·0006	0·0019	— 0·0025	— 0·0001	— 0·0040
10	18·658	0·0026	— 0·0024	— 0·0006	0·0002	— 0·0019	0·0023
9	15·116	— 0·0008	— 0·0008	— 0·0041	— 0·0012	— 0·0045	— 0·0018
30	11·756	0.0040	0·0021	0·0059	0·0036	0·0035	0·0048
28	8·467	0·0017	— 0·0020	0·0007	— 0·0041	0·0024	0·0007
29	6·681	— 0·0001	0·0004	0·0002	0·0047	0·0022	0·0014
Dr. Forchs Probe	2·509	(0·0064)	(0·0075)	(0·0075)	(0·0044)	(0·0079)	(0·0109)

Man sieht, dass, wenn sich auch ein systematischer Verlauf in den Abweichungen erkennen lässt, dieser jedoch so gering ist, dass man sich mit der gefundenen Formel als Ausdruck für die Abhängigkeit des spezifischen Gewichtes von der Temperatur und vom spezifischen Gewichte bei 0^0 sehr wohl begnügen kann. Der mittlere Fehler bei den einzelnen Bestimmungen beträgt, wie aus der Differenztabelle hervorgeht $\pm$ 0·0031.

Da dieser etwas grösser ist als derjenige, welcher sich bei den Pyknometerbestimmungen $\sigma_{24\cdot6}$ aus σ_0 ergab, und da letztere systematischen, von der Temperatur abhängigen Fehlern nicht in solchem Maasse ausgesetzt sind wie die Ausdehnungsbestimmungen, muss man die Formel in Uebereinstimmung mit den angeführten Werthen von $A_{24\cdot6}$ und $B_{24\cdot6}$ bringen. Dies wurde auf folgende Weise ausgeführt.

In der Formel (5) wird $T = \frac{24\cdot6}{5}$ gesetzt, wodurch man erhält

$$U^1 = 0{\cdot}075111\,(\sigma_0 - \Sigma_0) - 0{\cdot}000222175\,(\sigma_0^2 - \Sigma_0^2)$$

Bei den Pyknometerbestimmungen ergab sich $= 0{\cdot}074475\,(\sigma_0 - \Sigma_0) - 0{\cdot}00019766\,(\sigma_0^2 - \Sigma_0^2)$

Differenz der Koëffizienten . . . . . $= -0{\cdot}000636 \quad + 0{\cdot}0000245.$

Diese Differenzen geben unmittelbar an, um wieviel bei $24{\cdot}6^0$ die Koëffizienten korrigirt werden müssen, um die richtigen Werthe zu geben. Es entsteht nun die Frage, wie gross die Korrektionen bei anderen Temperaturen ausfallen. Dies lässt sich jedoch nur unter gewissen mehr oder weniger willkürlichen Voraussetzungen feststellen.

Wir wollen annehmen, dass die Nichtübereinstimmung einem systematischen Fehler bei den Bestimmungen Dr. Forchs zugeschrieben werden muss, und zwar einem Fehler, der wie ein Temperaturfehler wirkt und mit der Temperatur gegen Null abnimmt. Alle Koëffizienten

von $(\sigma_0 - \Sigma_0)$ und Potenzen von T werden dann mit $-\frac{636}{75111}$, die Koëffizienten von $(\sigma_0^2 - \Sigma_0^2)$ mit $\frac{245}{2222}$ korrigirt. Ersetzt man endlich T durch $\frac{t}{5}$, so erhält man als das endgiltige Resultat aller Beobachtungen und Berechnungen:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_t &= \Sigma_t + (\sigma_0 + 0{\cdot}1324)\,[1 - A_t + B_t\,(\sigma_0 - 0{\cdot}1324)] \\ \text{wobei } A_t &= t\,(4{\cdot}7867 - 0{\cdot}098185\,t + 0{\cdot}0010843\,t^2) \times 10^{-3} \\ \text{und } B_t &= t\,(18{\cdot}030 - 0{\cdot}8164\,t + 0{\cdot}01667\,t^2) \times 10^{-6} \end{aligned}\right| \quad (6)$$

Es ist somit keine bedeutende Korrektion angewandt worden, um die Ausdehnungsbeobachtungen in Uebereinstimmung mit den Pyknometerbestimmungen zu bringen. Man sieht, dass sie von dem Werth für σ_0 abhängt; für $\sigma_0 = 26$ ist sie nahe an Null, während sie für $\sigma_0 =$ ca. 13 ihren grössten Werth, ca. $-0{\cdot}004$ für σ_t, annimmt.

Formel (6) wird mit anderen Koëffizienten wahrscheinlich für jede beliebige Lösung innerhalb des betreffenden Temperaturintervalls verwendet werden können, und, wie früher bemerkt, lässt sich durch sie die Abhängigkeit des spezifischen Gewichtes von der Konzentration mit so grosser Genauigkeit ausdrücken, dass man annehmen darf, die Formel habe auch für selbst stark konzentrirte Lösungen Giltigkeit.

Dass $1 - A_t$ in (6) nicht zu einem einzelnen Werth zusammengezogen wurde, ist damit begründet, dass A_t im Vergleich zu 1 so klein ist, dass es am vortheilhaftesten ist, bei allen Berechnungen diese beiden Glieder für sich zu haben.

Tabelle über Σ_t, A_t und B_t. Es sei s_t das spezifische Gewicht des Meerwassers bei der Temperatur t, und es werde, wie gewöhnlich,

$$s_t = 1 + \frac{\sigma_t}{1000}$$

gesetzt, wobei σ_t auf die in (6) ausgedrückte Weise von σ_0 und t abhängig ist. Die Formel (6) ermöglicht dann eine Berechnung von σ_t mit der ganzen Genauigkeit, mit der die Ausdehnungsbestimmungen ausgeführt worden sind. Die Koëffizienten der Formel enthalten indessen viele bedeutende Zifferstellen, weshalb sie ziemlich unpraktisch ist. Daher sind in unsern Hydrographischen Tabellen die Werthe von Σ_t, A_t und B_t für jeden Zehntelgrad von -2^0 bis 33^0 in tabellarischer Form aufgestellt.

Die Werthe für Σ_t wurden der von Karl Scheel (Zeitschrift für Instrumentenkunde 17, S. 331, 1897) berechneten Tabelle direkt entnommen. In dieser Tabelle finden sich natürlich nur positiven Graden entsprechende Werthe. Da Σ_t hier zur Berechnung des spezifischen Gewichtes des Meerwassers verwendet werden soll, muss man indessen wenigstens zwei vollen negativen Graden entsprechende Werthe haben. Deshalb wurden die Werthe für Σ_t von -2^0 bis 0^0 aus

$$\Sigma_t = -\frac{(t - 3{\cdot}98)^2}{503{\cdot}570} \cdot \frac{t + 283}{t + 67{\cdot}26}$$

berechnet, welche Formel von Thiesen (Zeitschrift für Instrumentenkunde 17, S. 140, 1897) angegeben und auch bei den Berechnungen K. Scheels angewandt worden ist. Die Werthe

für A_t und B_t wurden direkt aus (6) mittels Interpolation berechnet, indem die dritte Differenz konstant sein soll. Zur Erleichterung der Berechnung wurden A_t und B_t direkt für alle ganzen Grade berechnet.

Tabelle über D für $\sigma_t = \sigma_0 - D$. Mittels der oben angeführten Tabelle über Σ_t, A_t und B_t lassen sich durch einige Additionen und eine einzige Multiplikation σ_t aus σ_0 und t berechnen. In vielen Fällen, in denen keine so grosse Genauigkeit erforderlich ist, wird diese Berechnung indessen zu umständlich. Es ist deshalb wünschenswerth, eine Tabelle aufzustellen, aus der man σ_t als Funktion von t und σ_0 ersehen kann. Soll eine solche Tabelle nicht zu umfangreich werden, so muss man sich mit den ganzen Werthen von t und σ_0 als Argumenten begnügen. Eine Tabelle mit doppeltem Argument wird indessen unbequem zu verwenden sein, falls die Differenzen nicht so klein sind, dass die doppelten Interpolationen sich leicht im Kopfe ausführen lassen. Weil σ_t alle Werthe von -5 bis $+34$ erhalten kann, wird eine Tabelle über σ_t ziemlich grosse Differenzen aufweisen, so grosse, dass sie dann schwer zu verwenden ist. Statt σ_t wurde deshalb die Differenz D zwischen σ_0 und σ_t als Funktionswerth in die Tabelle eingetragen. Diese Differenz variirt nämlich nur von cca. 0 bis cca. 8 und giebt deshalb durchschnittlich 5mal so kleine Differenzen als σ_t.

Zur Berechnung der Grösse D hat man:

$$D = \sigma_0 - \sigma_t = -\Sigma_t - 0{\cdot}1324 + (\sigma_0 + 0{\cdot}1324)\,(A_t - B_t\,(\sigma_0 - 0{\cdot}1324)).$$

Die Berechnung wurde wie folgt ausgeführt. Der vorstehenden Tabelle wurden für irgend eine bestimmte Temperatur Σ_t, A_t und B_t entnommen, woraus D für einzelne Werthe von σ_0, und aus diesen für die übrigen durch Interpolation berechnet wurde, da D eine Funktion zweiten Grades von σ_0 sein soll. Eine entsprechende Berechnung wurde sodann für jede der übrigen Temperaturen ausgeführt. Die Richtigkeit der so erhaltenen Tabelle wurde dadurch geprüft, dass für jeden einzelnen Werth von σ_0 und t als veränderliches Argument Differenzen gebildet wurden, wobei $D + \Sigma_t$ als Funktionen betrachtet wurden. Hierbei sollte sich dann die dritte Differenz konstant ergeben. Die Berechnung wurde auf 4 Dezimalstellen ausgeführt, von denen die letzte bei der Eintragung in die Tabelle weggelassen wurde. Die dritte Dezimalstelle, die also völlig genau ist, wurde indessen mit kleineren Typen gedruckt, damit man sich beim Gebrauche der Tabelle daran erinnere, dass man lineare Interpolation in Bezug auf die Temperatur nicht verwenden darf, falls man für Bruchgrade drei richtige Dezimalen wünscht. Die Tabelle ist denn auch zunächst dazu bestimmt, mit nur zwei Dezimalstellen gebraucht zu werden. Bedient man sich indessen linearer Interpolation, so ergiebt sich für σ_t ein Fehler bis zu 0·002. Darf die relative Ungenauigkeit eine so grosse sein, so sind natürlich die drei Dezimalen der Tabelle leichter zu verwenden, als die direkte Berechnung mittels Σ_t, A_t und B_t.

Tabelle über D für $\sigma_0 = \sigma_t + D$. Die vorhergehende Tabelle ist berechnet, um zunächst etwa in einem Falle, wie dem folgenden, benutzt zu werden. Bei einer Dichtigkeits- oder Chlorbestimmung hat man für eine Reihe von Wasserproben σ_0 mittels der Tabelle über *Cl*, *S*, σ_0 und $\varrho_{17{\cdot}5}$ gefunden und wünscht hieraus σ_t zu ermitteln, dass, wenn t die Temperatur

des Meerwassers bezeichnet, das spezifische Gewicht *in situ* angiebt. Geht man von Chlortitrirungen, Aräometer- oder schnell ausgeführten Pyknometerbestimmungen aus und nimmt man bei der Interpolation Rücksicht auf die dritte Dezimalstelle der Tabelle, so erhält man das spezifische Gewicht *in situ,* bestimmt mit einer den Beobachtungen entsprechenden Genauigkeit.

Führt man indessen für eine Reihe von Wasserproben mittels Pyknometer, Senkaräometer oder in sonstiger Weise Dichtigkeitsbestimmungen aus, wodurch man das spezifische Gewicht bei irgend einer bestimmten Temperatur erhält, so wünscht man in der Regel auf diesem Wege den Salzgehalt und die Chlormenge zu ermitteln. Man muss dann σ_t auf σ_0 reduziren, um die Tabelle über *Cl, S,* σ_0, $\varrho_{17{\cdot}5}$ gebrauchen zu können. Zur leichten Ausführung dieser Reduktion ist eine Tabelle mit σ_0 oder D als Funktion und t und σ_t als Argumente erforderlich.

Die Berechnung derselben wurde mit den der vorhergehenden Tabelle entnommenen Werthen, die auf 4 Dezimalstellen berechnet wurden, ausgeführt. D lässt sich mit genügender Annäherung gleich einer Funktion zweiten Grades von σ_t setzen und wird daher für jede einzelne der ganzen Temperaturen berechnet. Als Beispiel sei die Tabelle für 8^0 angeführt. Aus der vorhergehenden Tabelle über D (der ungedruckten mit 4 Dezimalstellen) entnimmt man D als Funktionswerth für die drei niedrigsten Werthe von σ_0 als Argumente. Von den Argumenten zieht man die Funktionswerthe ab, wodurch σ_t zum Argument wird. Die dividirten Differenzen werden gebildet, und für die zwei grössten und zwei kleinsten erforderlichen Werthe von σ_t — in diesem Falle 0,1 und 33,34 — wird in Bezug auf D interpolirt. Die Zahlen von 0 bis 34 werden nun als Argumente niedergeschrieben, und die Funktionswerthe nebst den ersten Differenzen Δ_1 bei den Argumenten aufgestellt. Wir haben nun die zweite Differenz Δ_2 zu ermitteln. Da die ersten Differenzen eine Differenzreihe von 34 Gliedern bilden, wobei Δ_1 die Differenz ist, beträgt die Summe derselben $\frac{34}{2}(2a + 33\Delta_2)$, wobei a die erste durch die Interpolation gefundene Zahl der Reihe ist. Diese Summe soll gleich sein der Differenz zwischen den $\sigma_t = 34$ und $\sigma_t = 0$ entsprechenden Funktionswerthen D, also

$$D_{34} - D_0 = \frac{34}{2}(2a + 33\Delta_2)$$

Hieraus lässt sich nun Δ_2 ermitteln. Durch successive Addition dieser Grösse zu a erhalten wir die Reihe der ersten Differenzen, aus denen die allen Argumenten entsprechenden Funktionswerthe gebildet werden. Diese Berechnung, die etwas umständlich erscheint, ist in der That ganz einfach und stets kontrollirt, was ein sehr wesentlicher Vortheil ist. In formeller Hinsicht, Genauigkeit, Zahl der Dezimalstellen u. dergl. schliesst sich die Tabelle völlig an die vorhergehende an. Zur Reduktion der Dichtigkeitsbestimmungen, die mit einer grösseren Genauigkeit als 3×10^{-6} ausgeführt sind, lässt sie sich aber nicht verwenden. In diesem Falle muss man sich einer annähernden Berechnung mit folgender Formel bedienen:

$$\sigma_0 = -0{\cdot}1324 + \frac{\sigma_t - \Sigma_t}{1 - A_t + B_t\,(D + \sigma_t - 0{\cdot}13.}$$

Diese Formel ist direkt aus der in voriger Tabelle zur Berechnung von D angewandten Formel abgeleitet und ist in der Weise zu verwenden, dass in sie der beobachtete Werth für σ_t sowie die Werthe von Σ_t, A_t und B_t aus der Tabelle dieser Grössen eingesetzt werden.

Das dem beobachteten σ_t entsprechende D wird mit zwei richtigen Dezimalstellen der Tabelle über D mit t und σ_t als Argumente entnommen. Mittels dieser Formel wurden für die Tabelle Kontrollwerthe berechnet.

4. Aräometertabelle.

Die gewöhnlichen Stengelaräometer, die in der Hydrographie benutzt werden, sind verschieden eingerichtet, indem die Skala das spezifische Gewicht bei verschiedenen Temperaturen, bezogen auf destillirtes Wasser bei verschiedenen Temperaturen, anzeigt. Keines dieser Aräometerprinzipien hat vor den anderen wesentliche Vorzüge, und es kann keine Rede davon sein, Korrektionstabellen für verschiedene Systeme zu berechnen, weil dadurch nur Ungleichartigkeit hervorgerufen werden würde. Da, soviel ich weiss, das zu jetziger Zeit am meisten angewendete Aräometer in solcher Weise adjustirt ist, dass die Ablesungen bei 17.5° das spezifische Gewicht des Seewassers, bezogen auf destillirtes Wasser bei derselben Temperatur, anzeigen, wurde bestimmt, dieses für die Aräometertabelle zu benutzen. Zur Bestimmung der Korrektionen ist es nothwendig die Ausdehnungskoëffizienten des Aräometerglases zu kennen. Es entstand also die Frage, aus welcher Glassorte die anzuwendenden Aräometer hergestellt werden sollten. Nach Berathung mit Herrn Professor O. Krümmel in Kiel wurde bestimmt, die Tabellen für Jenaer Normalglas 16^{III} zu berechnen und die Tabelle durch die für andere Glassorten geltenden Korrektionen zu ergänzen.

Da Seewasser von verschiedenen Konzentrationen sich verschieden ausdehnt, wird der Tabelle doppeltes Argument gegeben, nämlich die Temperatur und die Konzentration des Seewassers oder eine davon abhängige Grösse, z. B. das spezifische Gewicht. Da es indessen gerade das spezifische Gewicht ist, das ermittelt werden soll, muss man bei der Benutzung einer derartigen Tabelle angenäherte Berechnung anwenden. Weit bequemer ist es, wenn man die Ablesung an dem Aräometer zum Argument macht. Obgleich die Berechnung der Tabelle dadurch um ein bedeutendes erschwert wurde, wurde doch dieses Verfahren angewendet.

Das Volumen des Aräometerkörpers und des unter der Oberfläche eingetauchten Theiles des Stengels wird bei 17.5° Wasser- und Aräometertemperatur V genannt. Der Ausdehnungskoëffizient des Glases wird durch γ, das Gewicht des Aräometers durch P, das spezifische Gewicht der Flüssigkeit durch s_t und das des destillirten Wassers durch S_t (speziell $s_{17{\cdot}5}$ und $S_{17{\cdot}5}$) bezeichnet. Man hat dann:

$$Vs_{17{\cdot}5} = P = (V + dV)\,(1 + \gamma\,(t - 17{\cdot}5))\,s_t \qquad (1)$$

wobei dV das Volumen des in der Flüssigkeit bei Erwärmung dieser und des Aräometers von 17·5° bis zu t^0 einsinkenden Skalenstengels bedeutet.

Nennt man die Ablesung an dem Aräometer bei t^0 : a'_t, bei 17·5° : $a'_{17{\cdot}5}$, so ist, indem das Aräometer so hergestellt ist, dass es bei 17·5° das spezifische Gewicht, bezogen auf destillirtes Wasser von 17·5°, giebt:

$$s_{17{\cdot}5} = S_{17{\cdot}5}\,a'_{17{\cdot}5}.$$

Ist das Aräometer in eine Flüssigkeit vom spezifischen Gewicht $s'_{17{\cdot}5}$ bei 17·5° $V + dV$ eingetaucht, so giebt dieses die Ablesung a'_t, wobei

$$s'_{17{\cdot}3} = S_{17{\cdot}5} \cdot a'_t.$$

Es ist nun:

$$Vs_{17{\cdot}5} = P = (V + dV)\, s'_{17{\cdot}5}$$

oder

$$Va'_{17{\cdot}5} = \frac{P}{S_{17{\cdot}5}} = (V + dV)\, a'_t \qquad (2)$$

Wird (1) durch diese Gleichung dividirt, so ergiebt sich

$$\frac{s_{17{\cdot}5}}{a'_{17{\cdot}5}} = \frac{(1 + \gamma\ (t - 17{\cdot}5))\ s_t}{a'_t}$$

Die Korrektion, die zu der Ablesung addirt werden muss, um $a'_{17{\cdot}5}$ zu geben, wird K_1 genannt; es ist also $K_1 + a'_t = a'_{17{\cdot}5}$. Setzen wir den hieraus für a_t ermittelten Werth in die vorhergehende Gleichung ein, so erhalten wir:

$$\frac{s_{17{\cdot}5}}{a'_{17{\cdot}5}} = \frac{(1 + \gamma\ (t - 17{\cdot}5))\ s_t}{a'_{17{\cdot}5} - K_1} = \frac{s_{17{\cdot}5} - (1 + \gamma\ (t - 17{\cdot}5))\ s_t}{K_1} = S_{17{\cdot}5}$$

woraus:

$$K_1 = \frac{s_{17{\cdot}5} - s_t}{S_{17{\cdot}5}} - \frac{s_t}{S_{17{\cdot}5}}\gamma\ (t - 17{\cdot}5) = \frac{\sigma_{17{\cdot}5} - \sigma_t}{1000\, S_{17{\cdot}5}} - \gamma\ (t - 17{\cdot}5) - \frac{\sigma_t - \Sigma_{17{\cdot}5}}{1000\, S_{17{\cdot}5}}\gamma\ (t - 17{\cdot}5)$$

In den Hydrographischen Tabellen habe ich S. 39—42 D als Funktion von t und σ_0 berechnet, indem $\sigma_t = \sigma_0 - D$. Setzt man dieses in die Gleichung ein, so erhält man, mit leicht ververständlichen Bezeichnungen, indem $K = 1000\, K_1$:

$$K = \frac{D_t - D_{17{\cdot}5}}{S_{17{\cdot}5}} - 1000\,\gamma\ (t - 17{\cdot}5 - \frac{\sigma_t - \Sigma_{17{\cdot}5}}{S_{17{\cdot}5}}\gamma\ (t - 17{\cdot}5) \qquad (3)$$

Die Grösse von $\gamma\ (t - 17{\cdot}5)$ wird niemals 0·0004 übersteigen. Wünschen wir deshalb K richtig mit einer Genauigkeit von 0·001 zu finden, so brauchen wir nur den Faktor $\frac{\sigma_t - \Sigma_{17{\cdot}5}}{S_{17{\cdot}5}} = \frac{s_t - S_{17{\cdot}5}}{S_{17{\cdot}5}} 1000$ mit einer Genauigkeit von 2·5 zu kennen. Setzen wir in diesen Faktor den Werth für s_t aus (2) ein, so erhalten wir:

$$1000\ \frac{s_t - S_{17{\cdot}5}}{S_{17{\cdot}5}} = \frac{a'_t - (1 + \gamma\ (t - 17{\cdot}5))}{1 + \gamma\ (t - 17{\cdot}5)}\ 1000$$

Da die Grösse von a'_t wenig von 1 abweicht, wird man $\gamma\ (t - 17{\cdot}5)$ vernachlässigen können, wodurch Gleichung (3), wenn man $(a'_t - 1)\ 1000$ gleich a_t setzt, übergeht in

$$K = \frac{D_t - D_{17{\cdot}5}}{S_{17{\cdot}5}} - 1000\,\gamma\ (t - 17{\cdot}5) - a_t\,\gamma\ (t - 17{\cdot}5)$$

Bei der Berechnung von K wurde das letzte Glied einstweilen gänzlich unberücksichtigt gelassen und eine Tabelle über $1000\,\gamma\ (t - 17{\cdot}5)$ für die ganzen Werthe von t, von 0^0—33^0, berechnet. Nach M. Thiesen, K. Scheel und L. Sell (Zeitschrift für Instrumentenkunde. 16. S. 49. 1896) wird die Ausdehnung des Glases 16^{III} gleich $10^{-6}\left\{2316{\cdot}7\,\frac{t}{100} + 107{\cdot}1\left(\frac{t}{100}\right)^2\right\}$ gesetzt.

Die Grösse $D_t - D_{17{\cdot}5}$ wurde dann berechnet und in tabellarischer Form niedergeschrieben, wobei die ganzen Werthe von σ_0 und t als Argumente aufgeführt wurden. Dann wurden mit angenäherter Rechnung alle Funktionswerthe durch $S_{17{\cdot}5}$, das gleich 1 — 0·0013 gesetzt wird, dividirt. Von den Werthen dieser Tabelle wurden darauf die Werthe von $1000\,\gamma\ (t - 17{\cdot}5)$ subtrahirt, sodass wir, da

$$K_2 = \frac{D_t - D_{17{\cdot}5}}{S_{17{\cdot}5}} - 1000\,\gamma\ (t - 17{\cdot}5),$$

jetzt eine Tabelle über K mit den ganzen Werthen von t und σ_0 als Argumenten haben. Anstatt σ_0 sollen wir nun die Ablesung als Argument haben. Setzen wir $\left(\frac{s_t}{S_t} - 1\right) 1000 = \varrho_t$, so haben wir:

$$K + a_t = a_{17{\cdot}5} = \varrho_{17{\cdot}5}$$

Aus einer im Drucke nicht erschienenen Tabelle, die mit drei Dezimalen den Werth von σ_0 giebt, wurde $\varrho_{17{\cdot}5}$ entnommen. Davon wurde der, für den betreffenden Werth von σ_0, gefundene Werth von K_2 abgezogen, sodass wir a_t annähernd erhielten, indem bei dieser Rechnung K durch K_2 ersetzt wurde. Wir hatten also jetzt eine Tabelle über K_2 mit den ganzen Werthen von t nebst einer Reihe von Werthen für a_t mit drei Dezimalstellen als Argumenten. Dann wurde $a_t \gamma\ (t - 17{\cdot}5)$ berechnet und von K_2 abgezogen, wobei K sich ergab. Diese Tabelle enthielt nun die den richtigen Temperaturen entsprechenden Funktionswerthe, musste aber so verändert werden, dass die Argumente a_t ganze Zahlen wurden. Dies wurde durch gewöhnliche Interpolation ausgeführt, indem man zugleich die gebildeten Differenzen aufzeichnete, um die Richtigkeit der ganzen Rechnung zu kontrolliren. In der so gebildeten Tabelle wurde das Temperaturintervall durch Interpolation in 5 Theile getheilt, sodass die fertige Tabelle die Korrektion K als Funktion giebt, wobei die ganzen Werthe der Ablesung a_t die eine Reihe, die Temperaturen für jeden $0{\cdot}2^\circ$ die andere Reihe Argumente bildet.

Wird eine andere Glassorte als Jenaer Glas 16^{III} zu den Aräometern benutzt, so müssen wir andere Korrektionen als die in der Tabelle gegebenen haben. Ist der Ausdehnungskoëffizient für die angewendete Glassorte γ_1, für Jenaer Glas 16^{III} γ, und setzt man die Korrektion $= K + K'$, wo K der Werth aus der vorigen Tabelle ist, so hat man:

$$K = \frac{D_t - D_{17{\cdot}5}}{S_{17{\cdot}5}} - 1000\,\gamma\ (t - 17{\cdot}5) - a_t \gamma\ (t - 17{\cdot}5)$$

$$K + K' = \frac{D_t - D_{17{\cdot}5}}{S_{17{\cdot}5}} - 1000\,\gamma_1\ (t - 17{\cdot}5) - a_t \gamma_1\ (t - 17{\cdot}5)$$

woraus $$K' = 1000\ (t - 17{\cdot}5)\ (\gamma - \gamma_1) + a_t\ (t - 17{\cdot}5)\ (\gamma - \gamma_1).$$

Indem γ von 16×10^{-6} bis 30×10^{-6} variirt, wird der grösste Werth, den das letzte Glied erhalten kann, ca. 0·004 betragen, weshalb dieses Glied gänzlich vernachlässigt wird. Aus der Formel wurde in dieser Weise die Tabelle S. 63 in den Hydrographischen Tabellen berechnet.

Die Ausdehnung für Jenaer Glas 16^{III} ist (l. c.)

$$10^{-6}\,(23{\cdot}167\,t + 0{\cdot}01071\,t^2).$$

Unter dem Ausdehnungskoëffizienten ist hier der mittlere Ausdehnungskoëffizient von $17{\cdot}5^\circ$ bis zu der Temperatur t zu verstehen. Die ganze Ausdehnung bei Erwärmung von $17{\cdot}5^\circ$ bis t° beträgt, wie aus der Formel zu ersehen ist:

$$10^{-6}\,[23{\cdot}167\ (t - 17{\cdot}5) + 0{\cdot}01071\ (t^2 - 17{\cdot}5^2)].$$

Dividirt man durch $t - 17{\cdot}5$, so erhält man den mittleren Ausdehnungskoëffizienten für Jenaer Glas 16^{III}:

$$\gamma = 10^{-6}\,[23{\cdot}167 + 0{\cdot}01071\ (t + 17{\cdot}5)].$$

In ähnlicher Weise erhält man für Jenaer Glas 59^{III} (Borosilicatglas)

$$\gamma\, 59^{III} = 10^{-6}\,[17{\cdot}039 + 0{\cdot}00746\ (t + 17{\cdot}5)].$$

Diese Werthe sind bei der Berechnung der Tabelle benutzt.

Es ist denkbar, dass der Aräometerkörper durch variirenden inneren und äusseren Druck Volumänderungen erleidet, die den Aräometerstand merklich beeinflussen können. Dieselben rühren von Barometeränderungen, verschiedenen Höhen des Wassers über dem Aräometerkörper und endlich dem der jeweiligen Temperatur entsprechenden Luftdrucke im Aräometer her. Wenn man diesen Grössen ihre extremen Werthe giebt, erhält man eine Differenz des Druckes, woraus man die Volumänderung des Aräometers berechnen kann, indem die allgemeinen Werthe für die Aräometergrösse, die Dicke und den Elastizitätskoëffizienten des Glases in die Berechnung eingeführt werden. Man findet jedoch, dass diese Volumänderungen für die Bestimmung des spezifischen Gewichtes ohne praktische Bedeutung sind.

5. Vergleichung mit früheren Tabellen.

In dem Folgenden werde ich in aller Kürze darlegen, welche Aenderungen die hydrographischen Konstanten und die aus ihnen ermittelten Resultate bei dem Uebergange von den früher angewendeten zu den neuen Tabellen erfahren. Die früher angewendeten Konstanten sind indessen so verschieden und in so grosser Anzahl vorhanden, dass es uns zu weit führen würde, sie alle in Betracht zu ziehen. Wir werden uns hier auf die in den letzten Jahren am häufigsten verwendeten beschränken.

Beziehung zwischen Salzgehalt und Chlormenge.

Die folgende Tabelle giebt einige Chlorbestimmungen und die dazu gehörigen Bestimmungen des totalen Salzgehaltes S, durch direktes Eindampfen bestimmt, nebst den mittels der Hydrographischen Tabellen aus den Chlormengen gefundenen Salzmengen. Die erste Kolumne giebt den Namen desjenigen an, welcher die in den beiden nächsten Kolumnen angeführten Werthe für Cl und S in ‰ gefunden hat. Tornöes Bestimmungen sind entnommen aus: Den norske Nordhavs-Expedition 1876—78, Chemi. Christiania 1880. S. 57. G. Forsberg vgl.: The Scottish Geographical Magazine for June 1894. A Review of Swedish hydrographic research in the Baltic and the North seas by Otto Pettersson. S. 298. Jacobsen, vgl.: Jahresbericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel für das Jahr 1871. Berlin 1873. S. 54. F. L. Ekman vgl.: Kongl. Svenska Vetenskaps Akademiens Handlingar Bd. 9 Nr. 4. Stockholm 1870. S. 13—14. Hamberg vgl.: Bihang til Kongl. Svenska Vetensk. Akademiens Handlingar Bd. 9 Nr. 16 Stockholm 1884 S. 10.

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass die neueren hydrographischen Tabellen durchgängig etwas niedrigere Werthe für die durch die Chlormenge bestimmte Salzmenge als die alten angeben. Für Wasser mit Salzgehalt 35·278 ‰ ist die Chlormenge 19.50 und der Chlorkoëffizient $= \frac{S\ 0{\cdot}030}{Cl\ 19{\cdot}5} + 1{\cdot}8050 = 1{\cdot}8065$, während letzterer für eine solche Wasserprobe am häufigsten gleich 1·809 oder noch höher gesetzt worden ist. Benutzt man 1·809, so giebt die Chlormenge 19·50 $S = 35{\cdot}276$, also um 0·05 ‰ höher als unsre neuen Tabellen. Dieser Unterschied ist indessen so gering, dass eine Korrektion der alten Beobachtungen nach den

neuen Tabellen keinen grösseren Vortheil gewähren wird. So lange nämlich bei der Chlortitration Normalwasser nicht benutzt worden ist, welches mit unseren Konstantenbestimmungen in direkte Verbindung gesetzt ist, so lange wird die von einer so kleinen Korrektion herrührende Verbesserung vermuthlich illusorisch sein.

Name des Beobachters	*Cl* ‰ beobachtet	*S* ‰ beobachtet	*S* ‰ aus *Cl* bestimmt	Differenz *S* ber. — *S* beob.
Tornöe II	19·47	35·25	35·17	— 0·08
„ do.	do.	35·17	35·17	0·00
„ III	12·71	23·03	22·97	— 0·06
„ do.	do.	22·99	22·97	— 0·02
„ IV	18·68	33·86	33·75	— 0·11
„ do.	do.	33·85	33·75	— 0·10
„ V	19·56	35·30	35·34	+ 0·04
„ do.	do.	35·33	35·34	+ 0·01
„ VI	18·09	32·76	32·68	— 0·08
„ do.	do.	32·79	32·68	— 0·11
„ VII	19·47	35·14	35·17	+ 0·03
„ do.	do.	35·16	35·17	+ 0·01
„ do.	do.	35·15	35·17	+ 0·02
„ VIII	19·38	35·01	35·01	0·00
„ do.	do.	35·07	35·01	— 0·06
„ do.	do.	35·08	35·01	— 0·07
„ do.	do.	35·00	35·01	+ 0·01
„ do.	do.	35·02	35·01	— 0·01
„ do.	do.	35·06	35·01	— 0·05
„ do.	do.	35·00	35·01	+ 0·01
„ do.	do.	35·01	35·01	0·00
H. Forsberg	16·460	29·850	29·740	— 0·110
„	5·655	10·317	10·237	— 0·080
„	3·766	6·905	6·828	— 0·077
Jacobsen	6·776	12·286	12·261	— 0·025
„	7·582	13·746	13·716	— 0·030
„	6·977	12·668	12·623	— 0·045
„	5·478	10·0046	9·918	— 0·087
„	16·670	30·263	30·119	— 0·144
„	19·478	35·285	35·188	— 0·097
„	19·470	35·220	35·173	— 0·047
„	3·574	6·534	6·481	— 0·053
„	3·746	6.855	6·792	— 0·063
„	3·783	6·892	6·858	— 0·034
„	4·141	7·563	7·505	— 0·058
„	4·047	7·382	7·335	— 0·047
„	4·119	7·510	7·465	— 0·045
„	6·513	11·854	11·786	— 0·068
F. L. Ekman	11·509?	21·022	20·804?	— 0·218?
„	19·374	35·048	35·000	— 0·048

Relation zwischen Salzmenge S und $\varrho_{17{\cdot}5}$.

Um die Salzmenge aus einer Dichtigkeitsbestimmung zu ermitteln, wurde bisher allgemein derart verfahren, dass das spezifische Gewicht auf $\varrho_{17{\cdot}5}$ reduzirt und die gefundene Zahl mit dem sogenannten Dichtigkeitskoëffizienten multiplizirt wurde. Dieser wurde gewöhnlich gleich 1·310 gesetzt; es wurden jedoch auch hiervon verschiedene, namentlich höhere, Werthe verwendet. Wird dieser Koëffizient direkt aus den Hydrographischen Tabellen berechnet, so sieht man, dass sich derselbe, wie nachstehende Tabelle zeigt, mit dem Salzgehalte verändert.

S	Dichtigkeitskoëffizient	S	Dichtigkeitskoëffizient
2·00 ‰	1·274	25·00 ‰	1·309
5·00	1·295	30·00	1·309
10·00	1·302	35·00	1·309
15·00	1·305	40·00	1·308
20·00	1·308		

Aus dieser Tabelle geht hervor, dass der Dichtigkeitskoëffizient bei ca. 30 ‰ seinen maximalen Werth annimmt, und dass er deshalb bei den hohen Salzgehalten, wie es auch bisher der Fall gewesen, konstant gesetzt werden kann. Da die von verschiedenen Beobachtern gefundenen Dichtigkeitskoëffizienten wahrscheinlich wegen Unsicherheit der Salzbestimmung unter einander wenig übereinstimmen, so will ich mich hier auf keine weitere Vergleichung einlassen.

Relation zwischen Chlormenge und spezifischem Gewicht.

Da man annehmen muss, dass diese beiden Grössen genauer als die Salzmenge von den verschiedenen Beobachtern bestimmt worden sind, wird eine Vergleichung verschiedener Tabellen nicht ohne Interesse sein. Dieser Vergleich wird dadurch bewerkstelligt, dass die Dichtigkeitsbestimmungen der verschiedenen Beobachter mittels meiner Tabellen auf σ_0 reduzirt werden, wodurch die Bestimmung von Cl durch die Tabelle über S, Cl, σ_0 und $\varrho_{17{\cdot}5}$ ermöglicht ist. Der so gefundene Werth wird in nachstehender Tabelle mit Cl (ber.) bezeichnet, während Cl (beob.) die beobachtete Chlormenge bedeutet.

	Beobachtetes spezifisches Gewicht	Cl (ber.)	Cl (beob.)	Cl (ber.) — Cl (beob.)	
Ekman	$s\,\frac{17{\cdot}5}{17{\cdot}5} = 1{\cdot}01603$	11·53	11·509	0·02	
	1·01982	14·27	14·254	0·02	
	1·02306	16·62	16·614	0·01	
	1·02695	19·42	19·374	0·05	
Tornöe	$\varrho_{17{\cdot}5} = 1{\cdot}01739$	12·59	12·71	— 0·12	Seine übrigen Bestimmungen des spezifischen Gewichtes hat Tornöe mit Aräometer ausgeführt.
	1·02669	19·34	19·47	— 0·13	
Hamberg	$\sigma_0 = 20{\cdot}68$	14·24	14·25	— 0·01	
	25·04	17·25	17·27	— 0·02	
	25·15	17·32	17·27	0·05	
	26·64	18·35	18·34	0·01	
	27·90	19·22	19·25	— 0·03	
	28·10	19·35	19·40	— 0·05	
	28·20	19·42	19·47	— 0·05	
	28·22	19·44	19·47	— 0·03	
	28·26	19·46	19·47	— 0·01	
	28·26	19·46	19·49	— 0·03	

Es geht aus dieser Tabelle hervor, dass die neuen Untersuchungen über die Relation zwischen Chlormenge und spezifischem Gewichte mit den von Ekman und Hamberg ausgeführten gut, mit Tornöes Untersuchungen dagegen minder gut übereinstimmen. Tornöes Dichtigkeitskoëffizient ist auch grösser als die von den meisten Anderen verwendeten. Obgleich eine bedeutende Anzahl zusammengehöriger Dichtigkeits- und Chlorbestimmungen vorhanden ist, werden doch nicht sehr viele dazu geeignet sein, des Vergleichs wegen in der Tabelle aufgenommen zu werden. Die meisten Dichtigkeitsbestimmungen wurden nämlich mit Aräometer ausgeführt und sind deshalb nicht sehr zuverlässig; wo sie mit Pyknometer ausgeführt wurden, fehlen häufig die Angaben der Temperatur, bei welcher die Bestimmung stattgefunden hat; und sind überdies die alten Reduktionstabellen angewendet worden, so ist kein reelles Resultat aus einem Vergleiche zu erwarten. Es muss hier auch der Umstand in Betracht gezogen werden, dass ältere Temperaturangaben unsicher sind, wenn die Bestimmung des spezifischen Gewichtes nicht bei 0^0 stattgefunden hat. Den mit der Anwendung dieser Temperatur verbundenen Vortheil hat meines Wissens nur Hamberg ausgenutzt. (Zu anderen Zwecken Thorpe und Rücker).

Abhängigkeit des spezifischen Gewichtes von der Temperatur.

Die hierüber vorliegenden Untersuchungen können keinen Anspruch auf grosse Genauigkeit machen, da schon die Ausdehnung des destillirten Wassers so unsicher bestimmt wurde, dass die Resultate der verschiedenen Beobachter sehr bedeutende Abweichungen zeigen. In den früheren Jahren haben namentlich Rosettis Untersuchungen über die Ausdehnung des destillirten Wassers für die Hydrographie Bedeutung erhalten, indem sie zur Bestimmung von Aräometerkorrektionen angewendet worden sind. Die Tabelle S. 181 giebt die Differenzen für jeden zweiten Grad der in den Hydrographischen Tabellen angeführten σ_t und die aus den Ausdehnungsbeobachtungen Anderer für σ_t berechneten Werthe. In der Kolumne „Destillirtes Wasser" ist angeführt $\Sigma_t \times 10^3$, aus K. Scheels Tabelle entnommen, minus $\Sigma_t \times 10^3$, aus Rosettis Tabelle berechnet. (Die ausgeglichenen Werthe, wie sie in Ann. d. Physik u. Chemie. Ergänzungsband V S. 265 angeführt sind.) Aus den von Ekman über die Ausdehnung des Seewassers für die Proben *A, B, C* und *D* gegebenen Tabellen (Die ausgeglichenen Werthe in Kongl. Svenska Vetenskaps Akademiens Handlingar Bd. 9 Nr. 4 S. 44) wird σ_t folgendermassen berechnet. Für die Probe *A* ist angegeben, dass das spezifische Gewicht $s\frac{15}{15}$ gleich 1·01603 ist. Wird diese Grösse mit (1 — 0·0008736), d. h. dem spezifischen Gewicht destillirten Wassers bei 15^0, multiplizirt, so erhält man 1·015142. Demnach ist σ_{15} für diese Probe = 15·142, woraus man in den Hydrographischen Tabellen über σ_0 (S. 45) $\sigma_0 = 16{\cdot}743$ findet. Dass die neuen Tabellen zu dieser Reduktion verwendet wurden, ist damit begründet, dass ich sie für richtiger halte, und dass Ekmans Bestimmungen gerade bei 15^0 ausgeführt wurden, sodass die von ihm angeführten Zahlen keiner Reduktion unterworfen wurden. Wird nun 1·016743 durch die in Ekmans Tabelle für das Volumen bei den verschiedenen Temperaturen t angeführten Werthe dividirt, so erhält man das spezifische Gewicht bei t^0. Hieraus wird $\sigma_t - \sigma_0$ gebildet, und von denjenigen Werthen für $\sigma_t - \sigma_0$ abgezogen, die in den Hydrographischen

Tabellen S. 41—44 mit entgegengesetzten Vorzeichen unter der Bezeichnung *D* angeführt sind. Diese Differenzen, mit 1000 multiplizirt, sind in der Kolumne „Ekman *A*, $\sigma_0 = 16{\cdot}743$" angeführt. Ganz entsprechend wurden die Werthe für die drei anderen Wasserproben *B, C* und *D* behandelt und in tabellarischer Form aufgestellt. In ähnlicher Weise wurden die von Thorpe & Rücker gefundenen Resultate für die Proben *A, B, C* und *D* behandelt. Von diesen ist *B* natürliches Seewasser, während *A* durch Eindampfung, *C* und *D* durch Verdünnung mit destillirtem Wasser daraus gebildet sind. Siehe: Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Vol. 166. Part II. On the expansion of seawater by heat. Seite 405—420. Bei den Berechnungen ist Tabelle XI S. 414 benutzt, für jede Probe series II. Die Werthe sind für jede einzelne Probe durch Ausgleichung der Beobachtungen nach einer Formel dritten Grades gebildet. Aus meinen Verdünnungsversuchen bei den Dichtigkeitsbestimmungen ist festgestellt worden, dass die Ausdehnung von 0 bis 24·6 mit weit grösserer Genauigkeit als die in der Tabelle berechneten Differenzen dem Gesetze der Ausdehnung des Seewassers folgt. Wahrscheinlich gilt diese Regel dann auch für die Ausdehnungen von 0 bis zu anderen Temperaturen als 24·6, sodass eine Vergleichung mit Thorpes & Rückers Zahlen gerechtfertigt ist. Da Thorpe & Rücker das Volumen mit nur 5 Dezimalstellen angeben, wobei es bei 0^0 gleich 1 gesetzt wird, ist die letzte Ziffer in der Differenztabelle weggelassen und durch 0 ersetzt. Zur Vergleichung mit früher angewendeten, schematisch aufgestellten Tabellen sollen die Differenzen zwischen den mittels der Hydrographischen Tabellen und den mittels Makaroffs Tabellen (von 15^0) reduzirten spezifischen Gewichten angeführt werden. Vgl. L. Makaroff: Le „Vitiaz" et l'océan Pacifique. St. Pétersbourg 1894. S. 101.

Differenzen zwischen $\sigma_t \times 10^3$ in den Hydrographischen Tabellen und früheren Bestimmungen von $\sigma_t \times 10^3$.

Temperatur t	Dest. Wasser Rosetti	Ekman A $\sigma_0 = 16{\cdot}743$ $S = 20{\cdot}84$	Ekman B $\sigma_0 = 20{\cdot}721$ $S = 25{\cdot}79$	Ekman C $\sigma_0 = 24{\cdot}118$ $S = 30{\cdot}03$	Ekman D $\sigma_0 = 28{\cdot}192$ $S = 35{\cdot}08$	Thorpe & Rücker A $\sigma_0 = 32{\cdot}88$ $S = 40{\cdot}89$	Thorpe & Rücker B $\sigma_0 = 28{\cdot}53$ $S = 35{\cdot}50$	Thorpe & Rücker C $\sigma_0 = 24{\cdot}78$ $S = 30{\cdot}84$	Thorpe & Rücker D $\sigma_0 = 20{\cdot}62$ $S = 25{\cdot}67$	Makaroff $\sigma_0 = 11{\cdot}335$	Makaroff $\sigma_0 = 21{\cdot}846$	Makaroff $\sigma_0 = 32{\cdot}324$
— 2	— 10	— 1	+ 1	— 2	— 2	—	—	—	—	42	26	46
0	+ 4	0	0	0	0	0	0	0	0	36	24	49
2	0	+ 2	+ 8	— 1	6	10	10	0	10	34	20	50
4	0	+ 11	+ 7	— 6	4	20	10	0	10	29	14	41
6	— 6	+ 5	+ 4	— 7	— 2	10	10	— 10	10	22	9	34
8	— 18	— 1	— 4	— 11	— 11	0	10	— 10	10	18	4	25
10	— 27	— 8	— 13	— 14	— 23	0	10	— 20	0	12	2	15
12	— 32	— 15	— 22	— 20	— 33	— 10	10	— 30	0	7	1	9
14	— 38	— 23	— 33	— 25	— 45	—	—	—	—	2	0	4
16	— 39	— 31	— 39	— 37	— 55	—	—	—	—	— 2	0	— 4
18	— 33	— 41	— 47	— 51	— 65	— 20	10	— 30	— 20	— 6	0	— 8
20	— 31	— 51	— 55	— 73	— 74	—	—	—	—	— 10	— 2	— 12
22	— 43	— 64	— 61	— 103	— 82	—	—	—	—	— 18	— 8	— 18
24	— 64	— 79	— 65	— 143	— 91	— 40	20	— 50	— 40	— 29	— 16	— 25
26	— 85	—	—	—	—	—	—	—	—	— 43	— 31	— 33
28	— 93	—	—	—	—	—	—	—	—	— 63	— 52	— 47
30	— 94	—	—	—	—	— 60	00	— 80	— 50	— 91	— 83	— 65
32	— 83	—	—	—	—	—	—	—	—	—109	—108	— 72

Von derselben Grössenordnung wie die hier angeführten Differenzen werden die aus den Untersuchungen anderer Beobachter gefundenen Differenzen sein. Am besten stimmen Thorpes & Rückers Zahlen mit den neuen überein, sie sind aber nur wenig benutzt worden, da drei von den Reihen auf Seewasser, welches durch künstliche Mittel Konzentrationsveränderungen erfahren hat, beruhen. Dass die Differenzen im ganzen so bedeutend sind, wird bewirken, dass ältere Temperaturreduktionen nur in geringem Maasse mit den nach den Hydrographischen Tabellen ausgeführten übereinstimmen werden. Dass sich dies anders verhalten sollte, liess sich im voraus kaum erwarten, wenn der gegenseitigen Nichtübereinstimmung der älteren Untersuchungen über die Ausdehnung destillirten Wassers und der Nichtübereinstimmung dieser Resultate mit den neuesten Rechnung getragen wird.

Die unmittelbare Folge dieser grossen Unterschiede ist die, dass die Aräometertabelle nur in geringem Maasse mit den früheren übereinstimmt. Zu einer Vergleichung sei hier die Differenz der durch Reduktion von den verschiedenen Ablesetemperaturen t bis auf 17·5° erhaltenen Werthe angeführt, wenn die Reduktion einerseits nach den Hydrographischen Tabellen und anderseits nach Krümmels Tabellen ausgeführt wird. Siehe: Ueber den Gebrauch des Aräometers an Bord. Von Prof. Dr. O. Krümmel. Berlin 1890 S. 13. Die folgende Tabelle giebt $100 \times \varrho_{17{\cdot}5}$ (Knudsen) — $100 \times \varrho_{17{\cdot}5}$ (Krümmel), indem die von Krümmel angegebenen Korrektionen durch $-K$ für $\gamma = 26{\cdot}5 \times 10^{-6}$, aus den Hydrographischen Tabellen S. 63 entnommen, korrigirt wurden.

$100 \times \sigma_{17{\cdot}5}$ (Knudsen) — $100 \times \sigma_{17{\cdot}5}$ (Krümmel)

t	$\sigma_{17{\cdot}5} = 0{\cdot}00$	$\sigma_{17{\cdot}5} = 4{\cdot}00$	$\sigma_{17{\cdot}5} = 8{\cdot}00$	$\sigma_{17{\cdot}5} = 12{\cdot}00$	$\sigma_{17{\cdot}5} = 16{\cdot}00$	$\sigma_{17{\cdot}5} = 20{\cdot}00$	$\sigma_{17{\cdot}5} = 23{\cdot}50$	$\sigma_{17{\cdot}5} = 27{\cdot}00$
0	0	— 1	— 2	— 2	— 1	— 1	0	— 4
2	— 2	— 2	— 2	— 2	— 3	— 2	— 1	— 5
4	— 3	— 2	— 3	— 4	— 4	— 2	— 2	— 6
6	— 3	— 3	— 3	— 2	— 3	— 3	— 1	— 4
8	— 1	— 2	— 6	— 5	— 3	— 2	— 1	— 6
10	— 1	— 2	— 3	— 3	— 2	— 2	— 1	— 4
12	— 2	— 2	— 1	— 2	— 2	0	0	— 3
14	0	0	0	— 1	0	0	0	— 2
16	0	0	0	0	1	1	1	— 2
18	0	0	1	0	0	0	0	0
20	— 2	— 1	1	3	1	2	0	1
22	— 1	0	0	— 2	2	3	— 1	1
24	1	0	3	3	5	3	1	0
26	3	3	4	5	6	4	1	3
28	3	4	5	6	8	4	2	4
30	5	7	9	8	10	5	2	4

6. Maximale Dichte des Seewassers.

Zur Bestimmung der Temperatur, bei welcher das Seewasser sein grösstes spezifisches Gewicht hat, wird die grundlegende Formel (6) S. 171 benutzt:

$$\sigma_t = \Sigma_t + (\sigma_0 + 0{\cdot}1324)\ (1 - A_t + B_t\ (\sigma_0 - 0{\cdot}1324))$$

wo

$$\Sigma_t = -\frac{(t - 3{\cdot}98)^2}{503{\cdot}570} \cdot \frac{t + 283}{t + 67{\cdot}26}$$

$$A_t = t\ (4{\cdot}7867 - 0{\cdot}098185\ t + 0{\cdot}0010843\ t^2) \times 10^{-3}$$

$$B_t = t\ (18{\cdot}030 - 0{\cdot}8164\ t + 0{\cdot}01667\ t^2) \times 10^{-6}$$

Differentiirt man σ_t in Bezug auf die Temperatur t und setzt man den Differentialquotienten gleich O, so hat man als Bedingung des Maximums:

$$\frac{d\,\sigma_t}{d\,t} = O = \frac{t - 3{\cdot}98}{t + 67{\cdot}26}\left(\frac{215{\cdot}74}{503{\cdot}57} \cdot \frac{t - 3{\cdot}98}{t + 67{\cdot}26} - \frac{2}{503{\cdot}57}\,(t + 28{\cdot}3)\right)$$
$$+ (\sigma_0 + 0{\cdot}1324)\ (-4{\cdot}7867 + 0{\cdot}19637\ t - 0{\cdot}0032529\ t^2) \times 10^{-3}$$
$$+ (\sigma_0^2 - 0{\cdot}1324^2)\ (18{\cdot}030 - 1{\cdot}6328\ t + 0{\cdot}05001\ t^2) \times 10^{-6}$$

Aus dieser Gleichung lässt sich die Temperatur t ermitteln, bei welcher das spezifische Gewicht des Seewassers am grössten ist. Da der Grad der Gleichung ein so hoher ist, so wird ein explizirter Ausdruck verwickelt werden und nur geringes Interesse bieten. Deshalb wurde eine Tabelle über σ_0 als Funktion von t berechnet, indem t die Werthe 1, 0, — 1, — 2, — 3, — 4, — 5 erhielt. Aus dieser Tabelle wurden Nährungswerthe für t als Funktion von σ_0 gefunden und diese dann in die Gleichung eingesetzt, aus welcher man darauf durch direkte angenäherte Rechnung eine Tabelle über t mit drei richtigen Dezimalstellen für σ_0 gleich — 2, + 2, 6, 10, 14, 20, 24, 28, 32, 36 berechnete. In dieser Tabelle wurde das Intervall in 4 Theile getheilt, wodurch die folgende Tabelle hervorging.

Tabelle über die Temperatur t, bei welcher Seewasser, dessen spezifisches Gewicht durch σ_0 ausgedrückt ist, seine grösste Dichte hat.

σ_0	t	σ_0	t
0	3·947	18	— 0·837
1	3·692	19	— 1·107
2	3·435	20	— 1·377
3	3·176	21	— 1·647
4	2·916	22	— 1·915
5	2·654	23	— 2·182
6	2·391	24	— 2·448
7	1·127	25	— 2·712
8	1·861	26	— 2·975
9	1·595	27	— 3·235
10	1·327	28	— 3·493
11	1·058	29	— 3·749
12	0·788	30	— 4·003
13	0·518	31	— 4·254
14	0·247	32	— 4·501
15	— 0·023	33	— 4·746
16	— 0·294	34	— 4·987
17	— 0·566		

Diese Tabelle giebt t mit drei richtigen Dezimalen; doch ist dies selbstverständlich so zu verstehen, dass die Dezimalen nur richtig sind unter Voraussetzung, dass die Formel es ist. Da diese indessen nur eine Interpolationsformel ist, wird man durchaus nicht eine so grosse absolute Genauigkeit erwarten können, da nämlich ein kleiner systematischer Beobachtungsfehler grosse Unsicherheit in dieser Bestimmung des Maximums bewirken kann. Eine einfache Formel, die t als Funktionswerth von σ_0 mit einer Genauigkeit von $0{,}04^0$ giebt, ist die folgende:

$$t_{(max)} = 3{\cdot}95 - 0{\cdot}266\,\sigma_0.$$

Es muss jedoch bemerkt werden, dass diese Formel für $\sigma_0 = 10$ Werthe für t giebt, die um ca. $0{,}04^0$ kleiner, und für $\sigma_0 = 24$ solche, die um 0·014 grösser, als die der Tabelle, sind.

Mittels der bei der ersten Ausgleichung gefundenen Ausdehnungsformeln hat Dr. Forch $t_{(max)}$ für die untersuchten Proben berechnet und gefunden, dass diese Bestimmungen sich ziemlich genau in die Reihe einpassen, die sich aus Rosettis und Depretzs Bestimmungen für Seewasser aufstellen lässt.

Berichtigung. Seite 148, Tabelle Nr. 30, Kol. 3, Zeile 1 ist statt 0·9999944 zu lesen 0·9999962.

Untersuchungen

über den

Bau von Beggiatoa mirabilis Cohn.

Von

Dr. G. Hinze.

Hierzu Tafel IV und V.

Ueberblickt man die reichhaltige Litteratur über den Bau der Bakterien, so fällt dabei auf, dass fast alle Autoren, viele unter unzulässiger Verallgemeinerung einer oder mehrerer Einzelbeobachtungen, die Bakterienzelle für kernhaltig ansehen. Nur ein Forscher, A. Fischer[1]), kam zu negativem Resultat. Da scheint es fast, als ob dieser Botaniker falsche Bahnen gewandelt sei. Indess geben gerade seine Arbeiten einen wichtigen Anhalt zur Beurtheilung der ihm entgegenstehenden Ansichten. Besonders die Untersuchungen, die von medizinischer Seite stammen, lassen häufig die Kritik ihrer Methode vollständig ausser Acht. Und doch ist das der allein richtige Weg, um einwandsfreie Ergebnisse zu erhalten. Es muss immer betont werden, dass Fixirung und Färbung nur ein Nothbehelf sind, um Einzelheiten genauer zu studiren oder, auf dem umgekehrten Wege, durch sie gewonnene Resultate als Fingerzeige zu benutzen, den gleichen Verhältnissen im lebenden Organismus nachzuspüren. Schon durch die Fixirung können Veränderungen im Bau der Zellen stattfinden, indem gewisse Bestandtheile, etwa durch den Einfluss von Säuren, ausgefällt werden. Deshalb ist zunächst darauf zu achten, dass die „Kerne" kein Kunstprodukt darstellen. Eine Reihe von Arbeiten lässt schon diese erste Vorsichtsmassregel vermissen. Ferner können die komplizirten, zum Theil sehr eingreifenden Färbeverfahren, wie sie namentlich die medizinischen Bakteriologen häufig anwenden, ebenfalls Deformationen der Zelle hervorrufen. Und endlich gewährt ja, das haben die Fischer'schen Arbeiten dargelegt, die starke Färbbarkeit keinen Aufschluss über den morphologischen Werth eines Zellbestandtheiles. „Kernfarbstoffe" existiren nicht, da intensive Färbung wohl über den physikalischen, nicht aber über den chemischen Charakter einen Anhalt giebt. Nur Lebendbeobachtung und Benutzung chemischer Reaktionen sind geeignet, die Kernfrage einwandsfrei zu lösen. Da aber die Chemie selbst des typischen Zellkernes und seiner Bestandtheile bisher nur wenig bekannt ist, so dürften die in dieser Richtung angestellten Untersuchungen noch keinem Abschluss entgegensehen können. Mithin ist die Beobachtung des lebenden Zustandes und ein besonnenes Vergleichen desselben mit den an fixirtem und gefärbten Material gewonnenen Befunden bislang die einzige einer Kritik standhaltende Methode, die zum Ziele führen kann. Unter diesen Gesichtspunkten habe ich meine Untersuchungen an *Beggiatoa mirabilis* ausgeführt, die ich nunmehr eingehend darstellen werde, nachdem ich bereits in einer vorläufigen Mittheilung[2]) die Hauptergebnisse derselben veröffentlicht habe. Wie es bei derartigen

[1]) A. Fischer, Untersuchungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien. Jena 1897.

[2]) Hinze, Ueber den Bau der Zellen von *Beggiatoa mirabilis* Cohn. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft. 1901. Bd. 19, Heft 6.

Studien zu gehen pflegt, erweitert sich das zunächst eng umgrenzte Thema mehr und mehr, und so habe ich bald nicht nur einem Kern in den Zellen der *B. mirabilis* nachgeforscht, sondern auch den Bau derselben eingehend zu analysiren mich bestrebt.

Beggiatoa mirabilis ist zuerst von Cohn[1]) beschrieben worden. Er fand sie in seinem Seewasseraquarium, wo sie in reichlicher Menge, mit anderen *Beggiatoen* vermischt, einen weissen Ueberzug auf Steinen und Algen bildete. Ausführlicher als in dieser kurzen Mittheilung hat Cohn[2]) im Jahre 1867 die Morphologie der *B. mirabilis*, die er für eine farblose Oscillarie hält, behandelt. Er sagt dort: „Die Fäden sind steif, aber auf das Wunderlichste gekrümmt, gelockt, in Schlingen und Zöpfe zusammengewirrt; die Membran ihrer fast quadratisch erscheinenden Zellen ist zart, der Inhalt ein farbloses, wasserhelles, von Vakuolen durchzogenes Plasma, in welchem kuglige, das Licht stark brechende Körnchen (vielleicht Paramylon) in sehr grosser Zahl eingebettet, insbesondere den Wänden angelagert liegen (Taf. I, 5)." Für die Bewegung der Fäden von *B. mirabilis* stellt Cohn wie für die der Oscillarien drei Gesetze fest: eine stetige Drehung des Fadens um die Längsachse (Rotation), ein langsames Fortschieben in häufig wechselnder Richtung und eine Flexilität, d. h. die Fähigkeit des Fadens, sich selbstthätig beugen und strecken zu können. Dazu kommen noch bei *B. mirabilis* eigenthümliche ganz kurze Kontraktionswellen hinzu, indem die Zellen, namentlich die Endzelle, ruckweise sich zusammenzuziehen und auszudehnen vermögen, was durch die Dehnbarkeit und Elastizität der Membranen bedingt wird.

An der dänischen Küste hat Warming[3]) das Vorkommen von *B. mirabilis* festgestellt; aus seiner anscheinend wenig bekannten Arbeit hebe ich nach dem französischen Résumé die Hauptsachen hervor. „Die Gliederung der Fäden, die 20—40 μ dick sind, ist gut zu erkennen, sowohl an der Anordnung der in Querreihen liegenden Körnchen wie auch durch die auf dem optischen Schnitt sichtbaren Querwände." Die Höhe der Gliederzellen beträgt $^1/_2$—$^1/_3$ der Dicke des Fadens. Das Innere der Zelle nimmt eine, häufig von Protoplasmasträngen durchzogene Vakuole ein. Im wandständigen Protoplasma befinden sich lebhaft glänzende, deutlich eckige, krystallinische Protoplasmakugeln in Molekularbewegung[4]). Gemeinsam mit den Fäden treten runde oder ovale Organismen auf, die *B. mirabilis* vollkommen gleichen, sowohl in der Grösse, im Aussehen und in der Form der Körnchen wie in der Bewegung. Doch sind an ihnen keine Querwände zu erkennen, und die Körnchen liegen auch theilweis im Innern der Zelle, wie man an plasmolysirten Zellen sieht; sie theilen sich durch Einschnürung. Zweifellos können diese Organismen, die eine Länge von 85 μ erreichen, nach Warming zu Fäden von *B. mirabilis* auswachsen; er nennt sie deshalb *Beggiatoen*keime.

[1]) Cohn, Zwei neue *Beggiatoen*. Hedwigia 1865.

[2]) Cohn, Beiträge zur Physiologie der *Phycochromaceen* und *Florideen*. M. Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie. 3. Bd. 1867.

[3]) Warming, Observations sur quelques Bactéries, qui se rencontrent sur les côtes du Danemark. Résumé d'un mémoire publié dans les „Videnskabelige Meddelelser" de la Société d'histoire naturelle de Copenhague. 1875.

[4]) Warming glaubt, dass diese Körner sich von den Schwefelkörnern in den übrigen *Beggiatoen* unterscheiden; aus seiner Zeichnung geht aber klar hervor, dass er nur die Schwefeltropfen mit ihnen gemeint haben kann.

Engler[1]) konnte *B. mirabilis* an verschiedenen tieferen (5—10 m) Stellen des Kieler Hafens entdecken, dagegen misslang ihm ihre Isolirung aus den von *B. alba* gebildeten Rasen des flachen (1—2 m) Bootshafens und seines Verbindungskanales nach dem „kleinen Kiel". Die Arbeit Engler's steht unter dem Eindruck der damals weit verbreiteten Anschauung des Pleomorphismus der Bakterien. In einzelnen Zellen der 20—30 μ dicken Fäden findet Engler häufig kleine Bakterien; bei solchen Zellen ergiesst sich ihr Inhalt unter Zerreissung der Querwände in die Nachbarzelle. Ferner formt sich der Inhalt mancher Zellen zu Protoplasmakugeln um, die wie Vakuolen erscheinen. Diese Körper haben entweder ein homogenes Aussehen, oder sie sind mit zahlreichen kleinen wirbelnden Körnchen erfüllt; zuweilen werden sie nach aussen entleert, wobei auch einige zusammenfliessen können. Vermuthlich liege hier keine Sporen- oder Mikrokokkenbildung, sondern eine krankhafte Erscheinung vor. Die *Beggiatoen*keime Warming's, die auch Cohn zur Entwickelungsgeschichte von *B. mirabilis* stellt, fand Engler ebenfalls, aber immer in Gesellschaft von *B. alba* und *B. arachnoidea*; er trennt sie von *B. mirabilis*, da sie nie zu Fäden auswachsen.

Die Krümmungen der Fäden von *B. mirabilis* sind von Kolkwitz[2]) eingehender studirt worden. Sie erfolgen nach diesem Autor nicht spontan, sondern werden durch kleine Hindernisse (z. B. Schmutzpartikelchen) veranlasst; sind keine Hemmungen vorhanden, so bewegen sich die Fäden geradlinig fort.

Seine Anschauung, dass die Bakterien einen dem Zellkern entsprechenden Centralkörper besitzen, konnte Bütschli[3]) auch bei *B. mirabilis* bestätigt finden. Einen grossen, von einer Vakuole erfüllten Centralkörper, in dessen Wandung die Schwefelkörner lagern, und in dem sich mit Hämatoxylin „rothe Körnchen" färben lassen, umschliesst eine dünne, einwabige Rindenschicht. In der späteren, ausführlicheren Arbeit Bütschli's[4]) aus dem Jahre 1896 findet sich *B. mirabilis* nur einmal dort erwähnt (p. 38), wo es sich um den Nachweis der Natur der Schwefeltropfen handelt.

Der Bütschli'schen Auffassung der Zelle von *B. mirabilis*, wie der der Bakterienzelle überhaupt, widerspricht Massart[5]) in einer jüngst erschienenen Arbeit. Massart hat Fäden bis zu 16 μ Dicke untersucht; er fand in den Zellen, an denen er keine Querwände erkennen konnte, nie einen Centralkörper.

Damit sind die Litteraturangaben über *B. mirabilis* erschöpft; bei der Darstellung meiner eigenen Beobachtungen werden sie eingehend zu berücksichtigen sein.

Das Material, das ich zu meinen Untersuchungen benutzte, entnahm ich dem inneren Kieler Hafen. Hier ist eine sehr üppige *Beggiatoen*flora, besonders im sogenannten Boots-

[1]) Engler, Ueber die Pilzvegetation des weissen oder todten Grundes in der Kieler Bucht. IV. Bericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der Deutschen Meere in Kiel. VII. bis IX. Jahrg. Berlin 1884.

[2]) Kolkwitz, Ueber die Krümmungen und den Membranbau bei einigen Spaltalgen. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft Bd. 15. 1897.

[3]) Bütschli, Ueber den Bau der Bakterien und verwandter Organismen. Leipzig 1890.

[4]) Bütschli, Weitere Ausführungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien. Leipzig 1896.

[5]) Massart, Sur le protoplasme des Schizophytes. Recueil de l'Institut Botanique. Université de Bruxelles. Tome V. 1902.

hafen, entwickelt. Von den dort verankert liegenden Obstkähnen sowie den angrenzenden Gehöften gelangt eine grosse Zahl von Abfällen in das Wasser; der bei ihrer Zersetzung fort und fort sich bildende Schwefelwasserstoff bedingt die *Beggiatoen*rasen. Zuweilen sind grosse Strecken mit einem gelblichweissen Filz bedeckt; die Untersuchung lehrt dann, dass dieser neben Schwefel, der durch Oxydation des H_2S durch den Luftsauerstoff entstanden ist, grösstentheils aus *Beggiatoen* besteht. Daneben finden sich zahlreiche *Anguilluliden* und *Protozoen,* namentlich *Infusorien,* sowie oft reichliche Mengen von *Diatomeen,* deren Gedeihen die Schwefelwasserstoffatmosphäre offenbar nicht beeinträchtigt. Das Wasser steht an den von den *Beggiatoen* bevorzugten Stellen normaler Weise $^1/_2$—1 m hoch; nur selten wird es durch hereinfluthende Wassermassen in lebhaftere Bewegung versetzt; dann kann man die Beobachtung machen, dass die Mengen der *Beggiatoen* wesentlich geringer geworden sind. Auch wenn, wie es zuweilen vorkommt, der Wasserstand so niedrig ist, dass ein Theil des Schlickes frei liegt, verschwinden darauf die *Beggiatoen;* nach Eintritt günstigerer Verhältnisse sind sie aber bald wieder in grosser Menge vorhanden [1]). — Ebenso reichlich wie im Bootshafen fand ich die *Beggiatoen* in der Nähe der „Seeburgbrücke". Auch an anderen Punkten des Hafens kann man, wie schon Engler [2]) angiebt, besonders am Ufer und an den Brücken, die weissen Rasen durch das Wasser heraufschimmern sehen.

Mit einem geeigneten Instrument wurde nun von diesem Filz ein Theil vorsichtig aus dem Wasser herausgehoben, mit dem mitgerissenen Schlick auf Tellern ausgebreitet und mit einer Glasscheibe zugedeckt. Schon nach einigen Stunden waren dann die beim Einholen und Transport mit dem Schlick vermengten *Beggiatoen* an die Oberfläche gekommen. Die Rasen zeigten allermeist zunächst nur kleine Formen. *B. mirabilis* war anfangs nur selten zu finden, nach einiger Zeit trat sie jedoch in grösserer Zahl hervor. Es wurde aber immer mit Freuden begrüsst, wenn sie in solcher Menge vorhanden war, dass nicht jeder einzelne Faden als werthvolles Objekt betrachtet werden musste. Vielleicht ist die geringe Wassermenge, die über einer solchen Tellerkultur steht, die Ursache für die spärliche Entwickelung von *B. mirabilis.* Entgegen der Engler'schen Angabe [3]) fand ich also auch im flachen Wasser des Bootshafens *B. mirabilis* auf, und zwar untermischt mit *B. alba.* — Einen anderen Theil des eingeholten Untersuchungsmateriales füllte ich in kleine Glashäfen. Diese waren bei einem Durchmesser von 10 cm ca. 15 cm hoch; bis zur Hälfte wurden sie mit *Beggiatoen* führendem Schlick beschickt, und darüber Seewasser bis zum Rande gegossen.

Da alle diese Kulturen dazu dienten, das Material lediglich in erforderlicher Menge zu züchten, so habe ich die Bedingungen, von denen das Gedeihen von *B. mirabilis* abhängt, nicht systematisch zu erforschen gesucht. Im Allgemeinen haben die in Glashäfen angesetzten Kulturen nicht sehr glänzende Resultate ergeben. Immerhin bietet doch das Aussehen einer solchen manches Interessante; es sei deswegen ein kurzer Auszug aus meinem Protokoll mitgetheilt:

---

[1]) Diese Standorte sind seitdem weit weniger ergiebig geworden, da der Bootshafen inzwischen ausgebaggert und die Obstkähne entfernt sind, also die Existenzbedingungen der *Beggiatoen* sich viel ungünstiger gestaltet haben.

[2]) l. c.

[3]) l. c.

Kultur V. Angesetzt Mitte Dezember 1900. Material aus der Nähe der Seeburgbrücke. Das anfangs klare Wasser über der Schlickschicht trübt sich durch ausgeschiedenen Schwefel milchig. 10. Januar 1901: das Gefäss wird aus dem kalten Raum in ein geheiztes Zimmer an das Fenster gestellt; das Wasser klärt sich bald. Ende Januar erscheint *B. mirabilis* in geringer Menge. 29. I. Von der Kultur wurde eine genaue Zeichnung angefertigt. Dieses Uebersichtsbild (siehe die nebenstehende Abbildung) zeigt die auf dem schwarzen Schlick weiss erscheinenden *Beggiatoen* etwas vergrössert. 5. II. Am Rande des Glashafens befinden sich nur noch wenige Exemplare, auf der Schlickschicht ist eine reichliche Zunahme zu konstatiren. 20. II. Am Glashafenrande sind lediglich auf der stärker belichteten Seite mehrere Fäden zu entdecken. 16. III. Keine Zunahme. Im Wasser über der Schlickschicht treten zahlreiche Häute von *Thiothrix* auf.

Das beste Material erhielt ich aus einer Kultur, die ganz dem Zufall überlassen war und lange Zeit unbeachtet im Laboratorium gestanden hatte. Es war eine Glashafenkultur, die im Oktober 1900 mit *Beggiatoen* aus der Nähe der „Seeburgbrücke" angesetzt war. Sie zeigte am 2. II. 1902 folgendes Bild: Auf der dem Lichte zugekehrten Seite des Gefässes liegen in der ganzen Höhe der Schlickschicht am Rande grosse *Oscillarien*klumpen, dazwischen, doch weniger zahlreich, Purpurbakterien. Ungefähr 1 cm unterhalb der Oberfläche des Schlickes läuft ringsum eine Zone, die fast ausschliesslich von *B. mirabilis* gebildet wird; nur an der dem Licht zugekehrten Seite wird sie von einigen Kolonien von Purpurbakterien unterbrochen. Diese Schwefelbakterien würden nach den Untersuchungen Winogradsky's [1]), nachdem sie den in ihnen aufgespeicherten Schwefel grösstentheils verbrannt haben, in die Tiefe gewandert sein, um sich von Neuem mit Schwefelwasserstoff zu beladen. Die Oberfläche des ganzen Schlickes ist nun mit einer dicken, schmutzigweiss aussehenden Schicht bedeckt, die fast ausschliesslich aus üppigen Fäden der *B. mirabilis* besteht; dazwischen finden sich auch viele Fäden der *B. minima*. An den Rändern des Gefässes zieht sich der Filz zuweilen bis zu 1 cm in die Höhe, an einigen Stellen spinnwebenartig durchbrochen, an anderen gleichmässig ausgebreitet. Noch weiter nach oben kriechen in Bakterienhäuten viele schwefelfreie Fäden der *B. mirabilis* zwischen nur wenigen schwefelführenden umher. — Ueber zwei Monate lang lieferte mir diese Kultur das schönste Material in grosser Menge; schliesslich traten jedoch zahlreiche Diatomeen auf, und allmählich verschwand *B. mirabilis*. Die Oberfläche des Schlickes war nun durch Diatomeen und Eisenbakterien braun gefärbt.

[1]) Winogradsky, Ueber Schwefelbakterien. Botanische Zeitung 1887.

Winogradsky [1]) betont die grosse Empfindlichkeit der von ihm untersuchten *B. alba;* ich kann dies durch Erfahrungen an den Fäden, die sich gelegentlich einmischten, bestätigen. Meines Erachtens aber ist *B. mirabilis* weit empfindlicher und erheischt eine sehr sorgsame Behandlung. So bemerkt auch Bütschli [2]): „Wenn ich glaubte, dass ihre Grösse die Untersuchung erleichtern werde, so habe ich mich getäuscht; dieser Umstand wirkt vielmehr erschwerend". Die Fäden, die man mit einer Pinzette oder einer Nadel aufhebt, sterben ohne Weiteres ab. Unverletzt kann man sie durch Herausnehmen mit dem Oehr einer Platinnadel oder einer Pipette erhalten. Auf diese Weise habe ich, da ich, wie erwähnt, das Schwergewicht meiner Untersuchungen in die Lebendbeobachtung legen zu müssen glaubte, die Fäden auf einen gut gereinigten Objektträger übertragen. Wenn dabei etwas Detritus unter das Präparat kam, so störte dieser nicht; im Gegentheil, er ersetzte das sonst erforderliche Unterlegen von Deckglassplittern unter das Deckglas, damit die dicken Fäden nicht zerdrückt würden. So hielten sich die Fäden bei einiger Vorsicht lange, wenn das verdunstete Wasser langsam ersetzt wurde. Auch fixirtes Material muss mit grosser Vorsicht behandelt werden. So gelingt es z. B. oft nicht, *B. mirabilis* aus 30%igem Alkohol direkt in 80%igen unversehrt zu übertragen. Ebenso oft macht sich ein Schrumpfen unangenehm bemerkbar, wenn vorher entsprechend behandeltes Material aus absolutem Alkohol in Xylol oder Nelkenöl gelegt wird; auch die Einbettung in Kanadabalsam aus Xylol bereitet grosse Schwierigkeiten, da die Fäden fast immer zusammenfallen und so zur weiteren Untersuchung untauglich werden. Ich schloss deswegen ganze Fäden meist in Glycerin ein, weil diese Methode bequemer und weniger gefahrvoll ist. Und zwar erwies es sich als zweckmässig, die in Wasser liegenden Untersuchungsobjekte mit einer kleinen Menge verdünnten Glycerins anzurühren und dann in den Exsiccator zu setzen; dieses Verfahren erfordert allerdings etwas mehr Zeit als die stufenweise Verwendung allmählich concentrirteren Glycerins, es bietet aber eine grössere Sicherheit. Zur langsamen Ueberführung der in Wasser liegenden Fäden in absoluten Alkohol oder aus absolutem Alkohol in Wasser bewährte sich ein Dialysator, wie er von Osterhout [1]) beschrieben ist. Auf einen kleinen Glastrichter, der in einem mit eingeschliffenem Glasstopfen verschlossenen, bis etwas über die Höhe des Trichterhalses mit 96%igem Alkohol gefüllten Wägegläschen ruht, wird das in einem Filter aus Pergamentpapier in Wasser liegende Material gesetzt; so wird es allmählich in Alkohol dialysirt. — Ich gebe hier die technischen Notizen mit grösserer Genauigkeit an, als es sonst wohl Brauch ist; bedenkt man aber die mannigfachen Enttäuschungen, die sich ohne Anwendung solcher kleinen Vorsichtsmassregeln eigentlich fortwährend einstellen, so werden diese Einzelheiten für spätere Untersuchungen anderer Forscher an diesem schwierig zu behandelnden Objekt recht willkommen sein.

Wenn ich nun zur Besprechung der Fixirmittel übergehe, so bedarf es wohl nach dem bisher Gesagten keiner weiteren Ausführungen darüber, dass die in der Bakteriologie übliche, übrigens sehr rohe Methode des Antrocknenlassens an das Deckglas wegen des durch

[1]) l. c.
[2]) l. c. 1890.
[1]) Osterhout, Befruchtung bei *Batrachospermum.* Flora, 87. Band. 1900.

den hohen Wassergehalt von *B. mirabilis* hervorgerufenen Zusammenschrumpfens bis zur Unkenntlichkeit hier ausgeschlossen ist. Bei der für die Erforschung der histologischen Details so grossen Wichtigkeit, das Material durch die Fixirung wie im lebenden Zustande zu erhalten, musste besondere Aufmerksamkeit auf die Fixirmethoden verwendet werden. Ich habe verschiedene Flüssigkeiten versucht, so: Alkohol, Pikrinschwefelsäure, Jod in Meerwasser, Sublimateisessig, vom Rath'sche Lösung, Jodjodkali, Merkel'sche Lösung, Flemming'sche Lösung, habe dann aber fast ausschliesslich die letzteren drei benutzt. Namentlich die Flemming'sche Lösung (schwaches Gemisch) leistete mir vortreffliche Dienste. Bei der Zubereitung derselben ersetzte ich gewöhnlich das destillirte Wasser durch filtrirtes Seewasser aus dem Kieler Hafen. Die Dauer der Einwirkung des Fixirmittels war verschieden, oft habe ich bis zu 24 Stunden lang fixirt. Dann wurde gründlich ausgewaschen und aus destillirtem Wasser in 96%igen Alkohol dialysirt, weil zunächst der Schwefel entfernt werden musste. War so das Material in 96%igen Alkohol überführt, so war schon der grösste Theil des Schwefels verschwunden. Doch wurden die Objekte immer noch auf längere Zeit, manchmal auf Tage, in absoluten Alkohol gebracht, damit er völlig herausgelöst wurde. In vielen Fällen gelang dies aber auch dann noch nicht, wie auch Winogradsky [1]) fand, dass ein Theil des Schwefels in Alkohol sehr schwer löslich war. Zwar wirken diese kleinen Schwefelreste bei der Untersuchung nicht sehr störend, da man sie auch bei gefärbten Präparaten unschwer an ihrem Lichtbrechungsvermögen erkennen kann; ja, in manchen Fällen erleichtern sie die Beobachtung, indem sie bei Formen, deren Vakuolen eine nur geringe Grösse besitzen, anzeigen, welche von den Hohlräumen als Schwefelvakuolen anzusehen sind. Immerhin habe ich doch, namentlich bei Mikrotomschnitten, auch diese Reste durch längeres Abspülen mit absolutem Alkohol beseitigen können.

Waren die Objekte vollständig entschwefelt, so wurden sie aus Alkohol in Wasser zurückdialysirt und konnten nun gefärbt werden. Da ich aber Material in genügender Menge besass und die Fäden verhältnissmässig gross sind, so gelang es mir, gute Mikrotomschnitte herzustellen, trotzdem beim Ueberführen von einer Flüssigkeit in die andere jedesmal ein kleiner Verlust sich kaum vermeiden liess. Aus absolutem Alkohol wurden die entschwefelten *Beggiatoen* langsam in 3—5 Stufen in Xylol übertragen. In dieser Flüssigkeit kamen sie in den Wärmeschrank bei 45°—50° und daraus in ein bei derselben Temperatur gehaltenes Gemisch von Xylol und sehr wenig Paraffin. Hierin verdunstete allmählich das Xylol, wodurch die Objekte nach und nach in Paraffin überführt wurden; schliesslich wurden sie in reines Paraffin eingebettet. Die Schnitte, die ich gewöhnlich 5—10 μ dick anfertigte, klebte ich mit destillirtem Wasser auf, das ich im Wärmeschrank bei ca. 30° verdunsten liess. Die auf diese Weise erhaltenen Präparate konnten bei der Weiterbehandlung in einem selbst starken Strome Leitungswasser abgespült werden, ohne dass sie sich ablösten; sie besitzen also den wesentlichen Vortheil, dass sie sich leicht handhaben lassen.

Zur Färbung sowohl der ganzen Fäden wie der Schnitte habe ich verschiedene Flüssigkeiten gelegentlich benutzt, so Safranin, Methylenblau, Cyanin, Hämalaun, Bütschli'sches

[1]) l. c.

Hämatoxylin, Delafield'sches Hämatoxolin, Carmalaun, kurz, verschiedene der als „Kernfarbstoffe" gebräuchlichen Lösungen. Vorzügliche Resultate erzielte ich mit Hämatoxylin nach Heidenhain, das ich später fast ausschliesslich verwandte. In 2,5%iger frischer Eisenalaunlösung wurden die Objekte ca. 24 Stunden gebeizt, nach einmaligem Abspülen mit destillirtem Wasser 24 Stunden in 0,5%igem Hämatoxylin (gleichgültig, ob frisch oder ausgereift) gefärbt, nach abermaligem Abschwenken in H_2O unter beständiger mikroskopischer Kontrolle in 0,5%iger frischer Eisenalaunlösung differenzirt und dann meist in Glycerin eingeschlossen.

Die Fäden der *B. mirabilis* sind drehrund. Sie bestehen aus einzelnen aneinander gereihten Zellen, welche durch senkrecht zu der Fadenachse stehende Wände getrennt sind. Eine Verzweigung erfolgt nicht. Einen kurzen Faden habe ich indes gelegentlich beobachtet, der an dem einen Ende zwei Spitzen hatte, indem hier die Endzelle wie die Figuren 3a und 3b (Taf. IV) in zwei verschiedenen Ansichten veranschaulichen, nach zwei Seiten vorgewölbt war. Versuche, diesen Faden zu kultiviren und dabei die offenbar als Missbildung aufzufassende Anlage einer Verzweigung zu weiterem Auswachsen zu veranlassen, misslangen, obwohl er über 8 Tage lebenskräftig blieb. Die Endzellen sind halbkugelig vorgewölbt; jede Gliederzelle ist an der Längswand nach aussen gebogen — beides eine Erscheinung des Turgors (vergl. hierzu die Uebersichtsbilder 1 und 2).

Die Länge der Fäden ist ganz verschieden und giebt kein Charakteristikum ab. Ich habe Fäden gesehen, die aus nur wenigen, etwa 10 Zellen bestanden und anderseits wahre Riesen, die weit über 1000 Zellen enthielten. Diese hatten mitunter eine Länge bis zu 1,5 cm; auf dem Habitusbild der Glashafenkultur (siehe die Textfigur) sind solche Exemplare eingezeichnet; man kann sie mit blossem Auge gut erkennen.

Auch die Dicke schwankt sehr, wie schon frühere Beobachter betont haben. Von der dünnsten *B. minima* finden sich bis zur dicksten *B. mirabilis* die verschiedensten Maasse, und doch ist die Dicke für jeden Faden konstant, wie Winogradsky [1]) zu beweisen gesucht hat. Ich habe bei *B. mirabilis* nicht nachgeprüft, ob ein Dickenwachsthum der Fäden erfolgt, da dies nur durch fortgesetztes Kultiviren zu eruiren wäre, und sich dem, ganz abgesehen davon, dass es zu weit von meinem Thema abgeführt hätte, grosse Schwierigkeiten entgegenstellen. Dennoch glaube ich bestimmt, dass auch hier der Durchmesser eines jeden Fadens derselbe bleibt, auch für die von ihm abstammenden neuen Fäden. Es ergiebt sich hieraus, dass die Klassifikation der *Beggiatoaceen* nur auf konventionellen Prinzipien beruhen kann, indem man z. B. sagt, wie es Winogradsky [2]) gethan hat: bis zu 1 μ Fadendicke — *B. minima,* 1 bis 2,5 μ — *B. media,* 2,5 bis 4 μ — *B. alba,* dann etwa *B. arachnoidea* und *B. mirabilis.* Von welcher unteren Grenze an man einen Faden zu *B. mirabilis* rechnen soll, lässt sich auch wieder nur nach Uebereinkunft bestimmen, da sich die Uebergänge zu *B. arachnoidea* in mannigfaltigster Zahl finden. Ich habe im Allgemeinen die Formen von ungefähr 20 μ Dicke

[1]) l. c.

[2]) Winogradsky, Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Bakterien. Heft 1. Leipzig 1888.

zu *B. mirabilis* gezogen, Die *B. mirabilis,* die Massart [1]) seinen Untersuchungen zu Grunde legte, würde demnach kaum schon dieser Spezies einzureihen sein, da er als Maximum ihrer Dicke 16 μ angiebt. Warming [2]) notirt für den Durchmesser 20—40 μ, Engler [3]) 20—30 μ. Man findet in jedem Präparat, das man anfertigt, die verschiedensten Dicken; in der vorläufigen Mittheilung [4]) habe ich als das Höchstmaass 45 μ bezeichnet. Im Grossen und Ganzen wird dies auch zutreffen, doch habe ich seitdem auch eine gigantische *B. mirabilis* von 55 μ Durchmesser gemessen.

Cohn [5]) hat bei seinen Abbildungen die Zellen nahezu quadratisch gezeichnet. Bei den dünneren Formen der *B. mirabilis* ist dies die Regel; bei den dickeren dagegen herrscht auf dem Längsschnitt die Gestalt des Rechteckes vor, wie auch bei den Warming'schen und Engler'schen Abbildungen zu erkennen ist. Und zwar ist dies meist derart, dass die längere Seite, den Querwänden entsprechend, etwa doppelt so gross ist wie die kürzere (Figg. 1. u. 2).

Die Wände, welche die Zellen umgeben, zeigen verschiedene Stärke. Die Längswand ist stets mächtiger als die Querwand, dergestalt, dass sie deren doppelte Dicke erreichen oder dieses Maass noch überschreiten kann. Bei einem 29 μ dicken Faden ergab sich durch Messung mit dem Okularmikrometer für die Längswand eine Dicke von ca. ½ μ. Beide erscheinen doppelt kontourirt. Die Biegungsfestigkeit der Membran ist eine sehr grosse. Man kann dies sehr schön beobachten, wenn sich ein Faden in lebhafter Bewegung befindet. Da kommt es häufig vor, dass er auf Hindernisse stösst, etwa auf Schmutzpartikelchen. Es erfolgt dann eine Biegung, und zwar ist diese manchmal so stark, dass sie weit über einen rechten Winkel hinausgeht. Die Querwände werden dabei derart vorgewölbt, dass sie in die Nachbarzelle hineinragen. Oefters trifft es sich auch, dass von beiden Seiten ein Druck auf den Faden ausgeübt wird, sodass er sich durch dieses Hinderniss hindurchzwängen muss. Auch hier wird die Dehnungsfähigkeit der Querwände stark in Anspruch genommen. Ich habe gesehen, dass sie ganz verbogen werden können, sodass sie sich sogar schleifenförmig zusammenlegen und geringe Drillungen aufweisen. Dabei erfolgt aber kein Zerreissen; wenn das Hinderniss überwunden ist, nehmen die Wände wieder ihre normale Lage ein. Es zeigt sich also eine grosse Elastizität der Membranen, die Cohn [6]) Flexibilität nannte.

Von sonstigen physikalischen Eigenschaften der Wände ist am interessantesten die verschiedene Quellbarkeit der die Längswand bildenden Schichten. Legt man einen Faden von *B. mirabilis* in Chlorzinkjod, so ist sie nach einiger Zeit gespalten, indem sich eine äussere Schicht abgelöst hat. Diese erscheint doppelt kontourirt, ebenso wie der bei den Zellen verbleibende Rest der Membran. In Fig. 4 ist ein Stück eines Fadens gezeichnet, der ½ Stunde in konzentrirtem Chlorzinkjod gelegen hatte. An verschiedenen Stellen war die Spaltung der Längswand eingetreten; bei a ist sie unterblieben, sodass man sehr schön den Uebergang der

[1]) l. c.
[2]) l. c.
[3]) l. c.
[4]) l. c.
[5]) l. c.
[6]) l. c.

beiden Schichten in einander wahrnimmt. Der Inhalt dieser Zellen war so deformirt, dass Einzelheiten nicht mehr erkannt werden konnten; auch die Querwände waren völlig verquollen. Die Zellen schrumpfen in der Lösung zusammen, besonders in der Längsrichtung des Fadens. Daher kommt es, dass man zuweilen an den Enden die äussere Schicht weit abgehoben findet, und dass die Zellen sammt der inneren Schicht wie ein Schlauch sich kontrahirt haben. Dass hier keine Scheidenbildung ähnlich der der *Oscillarien* vorliegt, beweisen die Einkerbungen, die man an der äusseren Schicht dann und wann beobachten kann. Daraus geht hervor, dass diese mit der inneren Schicht zusammen eine feste Einheit gebildet hat, die nur durch das Quellungsmittel gelöst ist. Auch zeigt sich dabei, dass die Querwände die ganze Längswand durchsetzen; sonst würde ja auch die durch den Turgor hervorgerufene Wölbung der Längswand nach aussen sich nicht auf deren äusserste Schicht erstrecken. Dieselbe Spaltung der Längswand kann ferner noch durch andere Reagentien hervorgerufen werden, so durch 60%iges Chloralhydrat, konzentrirte Schwefelsäure, Salpeterlösung und kochende Kalilauge. Ohne Einwirkung von Quellungsmitteln fand ich die Längswand bei abgestorbenen Fäden gespalten. Bemerkenswerth ist, dass sich nicht die gesammte Längswand eines Fadens wie eine Hülle ablöst, sondern nur an einigen Stellen, zumeist an der Spitze. Durch Kalisalpeter erfolgt nur eine momentane Spaltung; nach kurzer Zeit legt sich die äussere Schicht wieder an die innere an.

Die Querwand lässt dagegen nichts von diesen Erscheinungen erkennen. Bei einigen Fäden ist sie überhaupt schwer zu sehen, sodass man hier vielleicht auf den Gedanken kommen könnte, die einzelnen Zellen wären nur durch dichteres Protoplasma, keine eigentliche Membran, getrennt. Diese Ansicht spricht auch wirklich Massart [1]) aus. Dass dem aber nicht so ist, beweist, abgesehen von Reaktionen, die noch zu betrachten sein werden, die Thatsache, dass die Wand in Chloralhydrat aufquillt, sodass sie zeitweilig sehr schön sichtbar wird, und ferner, dass man gelegentlich abgestorbene Fäden findet, in denen die einzelnen Zellen von einander getrennt sind. Beide haben dann eine scharfe Begrenzung; doch nur die eine zeigt die doppelt kontourirt erscheinende Querwand, während bei der anderen nur das Protoplasma, das ihr angelegen hatte, sichtbar ist.

Bei der Prüfung der chemischen Eigenschaften der Zellwand war zunächst daran zu denken, dass sie aus Cellulose, wie die meisten pflanzlichen Zellwände, bestehe. Doch versagten die üblichen Reagentien (Chlorzinkjod, Jod und Schwefelsäure); auch ein Versuch, sie in Kupferoxydammoniak zu lösen, misslang. Van Wisselingh [2]) hat bei Pilzen den Nachweis erbracht, dass ihre Wände aus Chitin gebildet werden. Die von ihm benutzte Methode habe ich auch auf *B. mirabilis* angewendet. In einem zugeschmolzenen Glasröhrchen wurden Fäden in konzentrirter Kalilauge auf dem Oelbade bis auf 160° erhitzt und, nach dem Auswaschen der KOH mit Glycerin, in Wasser überführt. Mit Jodjodkali nahmen nach dieser Behandlung die Zellwände eine gelbe Färbung an, die nach Zusatz von schwefelsäurehaltigem Wasser

[1]) l. c.

[2]) Van Wisselingh, Mikrochemische Untersuchungen über die Zellwände der *Fungi*. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. 31. Bd. 1898.

verschwand; das Ausbleiben der Mycorinreaktion gestattete den Schluss, dass Chitin in den Wänden nicht vorhanden sei. — Eine schöne Blaufärbung der Membran erzielte ich mit Formolfuchsin nach A. Meyer[1]). Von einer 0,2%igen Lösung von Rutheniumroth wurde ein Tropfen zu dem in Wasser liegenden Material hinzugesetzt: die Längs- wie die Querwand färbte sich intensiv. Ebenso rief Safranin in Wasser eine orangerothe Färbung derselben hervor. Dass beide Schichten der Längswand sich färben, konnte an Präparaten erwiesen werden, bei denen vorher die Spaltung durch Chlorzinkjod herbeigeführt war. Die Wände geben also die Reaktionen der sogenannten Pektinstoffe; allerdings lässt sich damit noch nicht behaupten, dass sie lediglich aus denselben bestehen, was indess nicht unwahrscheinlich wäre.

Versuche, die Zellen zu plasmolysiren, misslangen. Ich benutzte zunächst 20%ige Rohrzuckerlösung; das Plasma hob sich nicht ab, sondern der ganze Faden schrumpfte zusammen, wobei die Vakuolen scharf hervortraten. Auch Anwendung von Glycerin lässt nur Schrumpfungen wahrnehmen. 2½%ige und 5%ige Kalisalpeterlösung wirkten derart, dass an einer Stelle momentane Spaltung der Membran eintrat, oder der ganze Faden sich zusammenzog. Die Zellwand besitzt demnach für die angewandten Substanzen einen hohen Filtrationswiderstand.

Den Zellwänden liegt allseitig wie bei anderen Pflanzenzellen das Protoplasma an. Dieser Wandbeleg bildet zuweilen dicke Schichten (Fig. 14) oder grössere Klumpen (Fig. 13). In anderen Zellen wiederum kann er so zart entwickelt sein, dass man auf den ersten Blick meint, er sei durch grosse Vakuolen durchbrochen. So veranschaulicht Fig. 2 mehrere derartige Zellen, die bei Einstellung auf die Oberfläche des Fadens gezeichnet wurden. Von dem wandständigen Protoplasma ziehen sich nun durch das Lumen der Zelle Plasmaplatten hindurch, bald als dünne Häute, bald von ansehnlicherer Dicke (Fig. 1). Dadurch entstehen im Innern der Zellen Hohlräume, die mit Zellsaft erfüllt sind. Diese Vakuolen finden sich meist nur in einer Reihe angeordnet (Fig. 2); eine einzige Zelle kann so im Maximum deren bis zu 5 enthalten. Wenn die Plasmaplatten unter einander verbunden sind, werden zwei und mehrere Reihen von Vakuolen gebildet. Doch tritt dies gewöhnlich nur in einem Theil der Zelle auf (Fig. 1). Infolge der mannigfachen Einschlüsse, die das Protoplasma birgt, ist es schwer, dessen Struktur zu erschliessen. Es macht in der Regel einen homogenen Eindruck, man sieht eine farblose Masse, die häufig auch einen grauen oder grünlichen Farbenton annimmt. Bei fixirtem, entschwefelten Material ist es feinwabig-körnig; bei einem Mikrotomschnitt, der in Chlorzinkjod gelegen hatte, erschien es schaumig. Eine Strömung im Protoplasma ist nicht wahrzunehmen. Bei absterbenden Fäden tritt dagegen eine lebhafte Bewegung im Innern der Zelle ein. Die Absterbeerscheinungen sind ganz eigenthümlich und können, wenn man sie nicht als solche erkennt, leicht zu irrthümlichen Deutungen Anlass geben. Zunächst verschwinden die scharfen Begrenzungen des Plasmas gegen die Vakuolen; dann sieht man im Innern der Zellen Zusammenballungen. Zu diesen gehören auch die von Engler[2]) beschriebenen und abgebildeten Kugeln; ich habe häufig derartige Vorgänge, wenn auch meist in weniger regelmässiger Anordnung als

[1]) A. Meyer, Ueber Geisseln, Reservestoffe, Kerne und Sporenbildung der Bakterien. Flora. 86. Bd. 1899.
[2]) l. c.

sie Engler darstellt, beobachtet. Diese runden Körper sind anfangs homogen und durchscheinend, nach einiger Zeit geht aber ihr Inhalt in schnelle Bewegung über. Es wirbelt dann im Innern eine grosse Zahl kleiner Körnchen umher (Fig. 21); das sind die von mir beschriebenen Amylinkörner. Auch ein Austreten der Kugeln aus dem Protoplasma, wie es Engler angiebt, kann man gelegentlich sehen; Abbildung 21 zeigt ein solches Stadium; man bemerkt in dem herausgequollenen Inhalt die runden Körper. In anderen Fällen schwillt die Zelle vor dem Zerreissen zu einer anormalen Grösse an; so ist in Fig. 5 eine Anzahl absterbender Zellen gezeichnet, in denen viele Amylinkörner sich lebhaft bewegen; auch die folgenden Zellen befinden sich in ähnlichem Zustande. Die Zellwand ist bei solchen angeschwollenen Zellen nicht mehr doppelt kontourirt; der Uebergang zu den noch lebenden, mit einer doppelt kontourirten Membran umgebenen Zellen ist sehr scharf (Fig. 5). Zu den Absterbeerscheinungen sind ferner die von Cohn [1]) beschriebenen Kontraktionswellen zu rechnen, die er aber für eine den Fäden von *B. mirabilis* allgemein zukommende Eigenthümlichkeit hält. Bei nicht mehr lebenskräftigen Zellen treten nicht selten Schrumpfungen auf, denen wieder momentane Ausdehnung folgen kann. Cohn [2]) sagt auch: „Aehnliche Ringelungen, Zuckungen und Krümmungen zeigten sich aber auch an anderen, namentlich den stärker gebeugten Stellen des Fadens, bis sie mit dem Absterben desselben aufhörten".

Die auffälligsten Einschlüsse im Protoplasma sind die Schwefeltropfen. In der Litteratur werden sie gewöhnlich als „Schwefelkörner" bezeichnet; dies erweckt den Eindruck, als ob es feste Körper seien. Dass dem jedoch nicht so ist, hat schon Winogradsky [3]) und später Bütschli [4]) bewiesen. Es sind vielmehr zähflüssige Tröpfchen, die aus Schwefel bestehen. Ein Zusammenfliessen derselben findet nicht bei lebenden Zellen statt, doch kann man bei abgestorbenen häufig derartige Vorgänge sehen. In einem Faden, der zwei Tage in conc. Schwefelsäure gelegen hatte, waren sie zu einer formlosen Masse verschmolzen, zum Theil zeigten sich darin auch Krystalle. Die Schwefeltropfen sind durch das ganze Protoplasma vertheilt. Ein bevorzugter Ort scheint der Wandbeleg zu sein; hier finden sich die meisten. Doch ist das auch ganz erklärlich, da hier die grösste Masse des Protoplasmas liegt. Ihre Grösse ist eine ganz verschiedene (Figg. 1, 2, 19, 20); von kleinen Kugeln, die bei 1500facher Vergrösserung wie ein Punkt erscheinen, giebt es Uebergänge bis zu den grossen Tropfen, deren Durchmesser $^1/_3$ mm beträgt. Ob ein Wachsthum der Schwefeltropfen stattfindet, konnte ich nicht direkt verfolgen, doch ist dies ohne Weiteres anzunehmen. Denn wenn man schwefelfreien *Beggiatoen* H_2S zuführt, so erscheinen nach einiger Zeit im Protoplasma sehr kleine Schwefeltröpfchen. Da die normale Grösse derselben eine weit beträchtlichere ist, so folgt daraus, dass sie an Volumen zunehmen müssen. Anderseits kann man auch eine Abnahme der grossen Kugeln bemerken, wenn man *B. mirabilis* in Hungerkultur bringt, d. h. in Wasser, welches nur wenig oder gar keinen Schwefelwasserstoff enthält. Dann werden die Tröpfchen immer kleiner und verschwinden schliesslich ganz. Der Nachweis, dass sie wirklich aus Schwefel

[1]) l. c.
[2]) l. c. 1867.
[3]) l. c. 1887.
[4]) l. c. 1896.

bestehen, ist von Bütschli[1]) nochmals erbracht worden; ich verzichtete deshalb auf diesbezügliche Untersuchungen. Es sei hier nur die gelegentliche Beobachtung verzeichnet, dass die Schwefeltropfen sich bei längerer Einwirkung von Osmiumsäure tief dunkelbraun bis schwarz färben.

In einem Uebersichtspräparat eines Fadens, der in conc. Glycerin eingeschlossen war, fand ich nach einigen Monaten bei gelegentlicher Durchsicht sehr schöne Schwefelkrystalle. Diese sassen dem Faden auf. Und doch waren an der Zellwand keine Spuren von Zerreissungen zu entdecken. Bütschli[1]) erwähnt einen ähnlichen Fall, wo nach Aufkochen mit Wasser der Schwefel verschwunden war, ohne dass die Wände verletzt erschienen. In einer neueren Arbeit[2]) findet Bütschli die Erklärung dieser zunächst auffälligen Erscheinung darin, dass der flüssige Schwefel in Wasser und Glycerin löslich ist und deswegen durch die Zellwände hindurchdiffundiren konnte. An dem Präparat waren von zähen Klumpen, die noch keine Krystallform aufwiesen, durch in der Umkrystallisirung befindliche Massen bis zu den fertig ausgebildeten scharf umgrenzten Krystallen alle Stufen vertreten (Fig. 6). Im Allgemeinen waren es monokline Platten, auch kleine Nadeln kamen vor. Zwei ausserordentlich grosse, sehr dünne farblose Tafeln lagen neben dem in Fig. 6 dargestellten Faden; an der grösseren konnte die Auslöschungsrichtung mit dem Polarisationsmikroskop ermittelt werden: bei gekreuzten Nicols trat parallel der Längsrichtung der Tafel Dunkelheit ein. Eine regelmässige Zwillungsbildung stellt Fig. 7 dar; in jedem der Einzelindividuen war am Ende ein Hohlraum zu erkennen, der vermuthlich mit Flüssigkeit erfüllt ist. In einem anderen Präparat, das in Glyceringelatine eingeschlossen war, herrschten die Pyramiden vor (Fig. 8a, b, c). Krystallographisch liessen sich die Krystalle nicht bestimmen; aus den Zeichnungen, die genau mit dem Zeichenapparat entworfen sind, lässt sich aber ersehen, dass sie dem monoklinen System angehören.

Der Schwefel hat nach den Untersuchungen Winogradsky's[3]) im Stoffwechsel der *Beggiatoen* eine grosse Bedeutung; er ist eine Zwischenstufe der Oxydation des Schwefelwasserstoffes zu Schwefelsäure, eines Prozesses, der eine grosse Menge disponibler Energie liefert. Unter günstigen Bedingungen kann die Verbrennung des H_2S nur bis zu Schwefel fortschreiten, der dann gewissermassen als Reservestoff gespeichert und je nach Bedarf weiter oxydirt wird. Reservestoffe im eigentlichen Sinne, die zunächst magazinirt werden und, wenn erforderlich, dazu dienen, neue Theile des Körpers aufzubauen, sowie Energie zu liefern, werden bei *B. mirabilis* zuweilen in grossen Mengen gebildet. Fette finden sich nicht in den Zellen. Behandelt man Fäden mit Osmiumsäuredämpfen oder 2%iger Osmiumsäurelösung, so erfolgt keine Schwärzung. Auch die von A. Meyer[4]) empfohlenen Farbstoffe Dimethylamidoazobenzol und Sudan III geben keine Reaktion.

Dagegen tritt hier ein Kohlehydrat als Reservestoff auf. Ich habe dieses in der vorläufigen Mittheilung[5]) mit dem Namen Amylin belegt; diese Bezeichnung wurde deshalb so

[1]) l. c. 1896.
[2]) Bütschli, Untersuchungen über Mikrostrukturen des erstarrten Schwefels nebst Bemerkungen über Sublimation, Ueberschmelzung und Uebersättigung des Schwefels und einiger anderer Körper. Leipzig 1900.
[3]) l. c. 1887.
[4]) l. c.
[5]) l. c.

gewählt, weil es offenbar eine nahe Verwandtschaft zur Stärke (Amylum) besitzt. Cohn [1]) vermuthete in den „stark lichtbrechenden Körnchen" im Protoplasma ein Kohlehydrat, er hielt sie für Paramylum. Doch geht aus seiner Zeichnung klar hervor, dass er mit diesen Körnchen nicht das Amylin, sondern die Schwefeltropfen meint, deren Natur nach Winogradsky [2]) erst später (1870) von Kramer erkannt wurde.

Betrachtet man eine Zelle von *B. mirabilis* genauer, so bemerkt man in ihr neben den Schwefeltropfen kleine glänzende Körnchen; sie liegen regellos im Protoplasma zerstreut, zuweilen in grosser Menge, sodass manche Zellen ganz vollgestopft sind. Diese Körnchen haben verschiedene Grösse. Einmal sind in geringer Zahl grössere anzutreffen, die etwa den Durchmesser eines mittleren Schwefeltropfens besitzen. Eine Verwechselung ist jedoch ausgeschlossen, da die Schwefeltropfen gelblich aussehen und dunkel umrandet sind. Selten sind diese grösseren Körnchen rund, meist haben sie ovale Form (Fig. 9). Neben ihnen und sie meist an Zahl weit überwiegend finden sich kleine Kügelchen, deren Grösse indess auch, wenn auch nur innerhalb kleiner Grenzen, schwanken kann. Manche Zellen enthalten von den grösseren ovalen Amylinkörnchen vielleicht nur 1—3, während die Anzahl der kleineren Kugeln über 100 betragen kann (Fig. 10). In anderen Zellen wiederum sind relativ viele von den grösseren vorhanden, und die kleineren treten an Menge zurück (Fig. 9). Diese Körner haben Engler [3]) und Bütschli [4]) bereits beobachtet, ohne dass sie jedoch ihre Natur erkannt hätten. Anfangs war ich geneigt, in ihnen Physoden zu sehen; dagegen sprach aber ihr variables Auftreten und ihre Grösse. Da erhielt ich bei Prüfung der Wände auf Cellulose mittels Chlorzinkjod im Protoplasma eine dunkle Färbung; die weiteren Untersuchungen ergaben nun, dass ein Kohlehydrat magazinirt war. Um dieses klar hervortreten zu lassen, benutzte ich als Stammlösung Jodjodkali nach Lugol. Davon wurden zu 15 ccm destillirtem Wasser 25—30 Tropfen gesetzt, und von der so erhaltenen Mischung eine kleine Menge durch das unter Deckglas liegende Präparat hindurchgesogen. Der Farbenton, der durch die Jodlösung hervorgerufen wird, ist nicht immer derselbe. Im Allgemeinen tritt bei geringer Konzentration des Jods eine braunrothe bis dunkelbraunrothe Färbung auf, und dann bei Anwendung von etwas mehr Jod eine schwarzblaue. Es kommt eben genau auf die Konzentration des Jods an; man kann zuweilen in derselben Zelle die Verschiedenheit der Färbung sehen, indem die kleinen Amylinkörnchen schon tief dunkel gefärbt sind, während die grösseren noch ein helleres Blau zeigen. Bei vollständiger Wirkung des Jods ist die blaue bis blauschwarze Farbe die Regel. Dennoch erscheint die Schwankung zunächst auffallend; doch ist darauf nicht zu viel Gewicht zu legen, da einmal, wie schon betont, die Konzentration des Jods wechseln kann. Sodann hat man ja auch bei der Kartoffelstärke, dem typischen Beispiel für die Blaufärbung mit Jod, verschiedene Nuancen, z. B. bei zu viel Jod eine sammetschwarze Farbe; ferner erzielt man durch Jodbehandlung schon bei der Kartoffelstärke ein anderes Blau wie bei der Reisstärke. Endlich mögen auch die Beleuchtungsverhältnisse bei der immerhin subjektiven Beurtheilung der Farben von Bedeutung

[1]) l. c. 1867.
[2]) l. c. 1887.
[3]) l. c.
[4]) l. c. 1890.

sein. Die Blaufärbung der Amylinkörner stellt sich immer sehr schön ein, wenn man nach Jodbehandlung Glycerin (½ Glycerin, ½ Wasser) durchsaugt; da erhält man eine fast typische Stärkefärbung. Falls man eine Zelle einer höher organisirten Pflanze vor sich hätte und sähe diese Reaktion, man würde keinen Augenblick zweifeln, dass hier Stärke gespeichert sei. Hat man dagegen zu wenig Jod verwendet und hellt dann mit Glycerin auf, so erscheint das Amylin mehr violett, es mischt sich also ein rother Ton ein.

Da man bei *Oscillarien* ein Kohlehydrat gefunden hat, das sich als Glykogen erwies, so lag nach den bisweilen dunkelbraunrothen Färbungen des Amylins die Vermuthung nahe, dass bei *B. mirabilis* auch Glykogen vorhanden sei. Doch belehrten die Mikrotomschnitte eines Anderen. Glykogen ist leicht in Wasser löslich, es diffundirt jedoch nicht durch die Zellwand. Infolgedessen konnte bei ganzen Fäden keine Entscheidung getroffen werden. Dagegen fiel bei den Mikrotomschnitten der Einwand, dass etwa vorhandenes Glykogen nicht habe aus den Zellen herausgelöst werden können. Ich legte nun solche Schnittpräparate längere Zeit, oft auf einige Tage, in Wasser; immer ergab dann Jod noch sehr schöne Färbungen. Als ein weiteres Merkmal des Amylins ist die Löslichkeit in Speichel zu verzeichnen. In Mikrotomschnitten, die etwa einen Tag über in Speichel gelegen hatten, war fast alles Amylin herausgelöst, nach längerer Einwirkung des Speichels waren keine Spuren mehr nachweisbar. Die Löslichkeit ist also eine langsame, indess eine vollständige. Ob die Amylinkörner feste Massen sind oder, ähnlich den Schwefeltropfen, sich in einem zähflüssigen Zustande befinden, lässt sich nicht mit Bestimmtheit sagen; ich möchte aber nach Analogie der Stärke das Erstere annehmen. Bei den grösseren Körnern konnte nach Jodbehandlung bei bestimmter Einstellung im Innern ein heller Hof erkannt werden; dies deutet darauf, dass es kugelförmige, bezw. eiförmige Gebilde sind.

Wie ich bereits erwähnte, liegen die Amylinkörner regellos im Protoplasma vertheilt; auf demselben Grunde, aus dem auch die Schwefeltropfen den Wandbeleg zu bevorzugen scheinen, beruht es, dass man sie gelegentlich in der Nähe der Zellwände antrifft: hier ist eben eine grössere Anhäufung von Protoplasma. Und zwar sind die Amylinkörner in den meisten Zellen dem Plasma einzeln eingebettet. Nun habe ich mehrmals Fäden beobachtet, in denen grosse Klumpen angehäuft waren. Ohne Anwendung von Jod kann man über deren Natur zweifelhaft sein, vor allem auch deswegen, weil darin meist keine Einzelheiten zu erkennen sind. Setzt man aber Jod zu, so lösen sich diese Ballen in eine grosse Zahl von Amylinkörnern auf (Fig. 11). Auf welchen Ursachen diese Zusammenlagerung beruht, konnte ich nicht entdecken. Doch kamen solche Klumpen fast nur in Zellen vor, die unter ungünstigen Bedingungen lebten, sei es, dass sie gar keinen oder nur sehr wenig Schwefel enthielten, sei es, dass sie dem Tode nahe waren. Vielleicht hat folgende Erklärung die Wahrscheinlichkeit für sich. Bei Mangel an Schwefelwasserstoff benutzt die Zelle die ganze durch die Verbrennung desselben zu Schwefelsäure disponibel gewordene Energie, um sich für die bevorstehenden schlechten Zeiten mit Reservestoffen, also dem Amylin, zu beladen. Dabei geht die Bildung desselben so schnell vor sich, dass die einzelnen Körnchen direkt, ohne dass sich Protoplasma einschiebt, neben einander zu liegen kommen und zusammenkleben. Dies würde allerdings auf

einen zähflüssigen Zustand der Amylinkörner deuten, aber nur für den Moment ihres Entstehens. Denn dass sie nachher fest sind, beweisen die Erscheinungen beim Absterben solcher Zellen, in denen Amylinklumpen vorkommen. Auch hier tritt eine starke Bewegung im Protoplasma ein, und dabei zerfallen diese Anhäufungen in die einzelnen sie zusammensetzenden Körner, die dann in der Zelle herumwirbeln.

Einer eigenthümlichen Erscheinung sei hier noch Erwähnung gethan, der man zuweilen bei dem Amylin begegnet. Man bemerkt nämlich nach Anwendung der Jodreaktion zwischen den einzelnen blau gefärbten Körnchen eine braune Masse, der sie eingelagert sind (Fig. 12). Am Rande eines Klumpens kann man auch dann und wann eine Amylinkugel etwas vorspringen sehen, sodass man den Eindruck gewinnt, als seien bestimmte Organe in der Zelle, an oder in denen das Amylin entsteht. Dem widerspricht jedoch das seltene Auftreten dieser Bildungen. Hier ist wohl durch die Deutung Aufschluss zu geben, dass kleine Plasmamassen zwischen den Körnchen eingeschlossen sind, die nun durch das Zusammenkleben derselben zusammengepresst wurden, ein dichteres Gefüge annahmen und deswegen auch das Jod stärker speicherten; doch kann auch nur eine optische Erscheinung vorliegen.

Die typische Granulosereaktion, welche die Buttersäure- und einige in der menschlichen Mundhöhle vorkommenden Bakterien geben, eine bläuliche bis schwarzviolette Färbung mit Jod [1]), stellt sich bei *B. mirabilis* nicht ein, da oft bei Anwendung von geringen Jodmengen ein bräunlicher Ton bemerkbar wird. Bütschli [2]) hat gelegentlich beobachtet, dass sich in *Chromatium* und *Ophidomonas jenensis* mit Jod eine Substanz blauroth färbt, deren Form festzustellen ihm allerdings nicht gelungen ist. Aus dieser kurzen Notiz kann ich einen Vergleich mit meinem Amylin nicht ziehen, doch halte ich es nach der angegebenen Farbenreaktion für unwahrscheinlich, dass eine Identität besteht. Auch mit dem von A. Meyer [3]) bei *Granulobacter butylicum* gefundenen Kohlehydrat stimmt es in seinen Eigenschaften nicht überein. Zunächst ist die Jodkonzentration, die zur Färbung des Amylins erforderlich ist, eine viel stärkere als bei *Granulobacter*. Während ferner mit einer geringen Jodmenge bei diesem eine blaue, bei stärkerer Jodlösung eine rothbraune Färbung eintritt, liegen bei *B. mirabilis* fast die umgekehrten Verhältnisse vor: erst bei genügend starker Jodkonzentration stellt sich Blaufärbung ein. Demnach gelingt es nicht, das Amylin der *B. mirabilis* mit einem der bisher bei Bakterien bekannt gewordenen Kohlehydrate zu identifiziren, und daher ist die Einführung dieser neuen Bezeichnung gerechtfertigt.

Bei der ansehnlichen Grösse der *B. mirabilis* möchte man fast vermuthen, dass man hier ohne Schwierigkeit einen Zellkern finden könne. Doch wie viele lebende Zellen man auch untersuchen mag, man wird kein Organ in ihnen wahrnehmen, das man als den Kern ansprechen könnte. Zwar sieht man das Protoplasma, in dem die Schwefeltropfen und andere Einschlüsse, wesentlich Amylinkörner, lagern, sehr schön; ein geformter Zellkern ist dagegen nicht zu erkennen. Jeder, der unbefangen eine lebende Zelle beobachtet, wird das ohne Weiteres

[1]) Vergl. A. Fischer, Vorlesungen über Bakterien. 1897 p. 13.
[2]) l. c. 1890.
[3]) l. c.

zugeben. Nun fragt es sich nur: Ist in einer abgetöteten, entsprechend gefärbten Zelle ein Kern oder ein Homologon desselben zu entdecken? Ich habe, wie eingangs erwähnt, die verschiedensten, zum Nachweis des Zellkernes üblichen Färbemittel angewendet und auch damit kein Gebilde sichtbar machen können, das einen Zellkern darstellte. An manchen Fäden bemerkt man allerdings, wenn man sie bei schwacher Vergrösserung durchmustert, im Innern der Zellen einen grossen intensiv gefärbten Komplex, den man vielleicht, hätte man eine höher organisirte Pflanzenzelle vor sich, für den Kern halten würde. Doch belehrt die starke Vergrösserung über den begangenen Irrthum. Da sieht man klar, dass hier nur eine Anhäufung von Protoplasma vorliegt, die deshalb, weil sie eine dicke Schicht darstellt, auch stärker gefärbt erscheint; sie geht ohne scharfe Umgrenzung allmählich in die Platten, welche die Zelle durchziehen, oder in das wandständige Protoplasma über. In Fig. 13 sind bei starker Vergrösserung einige solcher Zellen genau wiedergegeben.

Bütschli [1]) ist zu einer ganz anderen Auffassung der Zelle von *B. mirabilis* gekommen; allerdings erklärt er, dass er seine Studien noch nicht genügend abgeschlossen habe. Er sagt: „Ein kolossaler Centralkörper bildet die Hauptmasse der Zelle und enthält eine sehr grosse Vakuole, in deren Innern man an lebenden Zellen kleine blasse Körperchen in Molekularbewegung bemerkt. In der relativ dünnen Wand des Centralkörpers liegen die Schwefelkörner. Zwischen der Oberfläche des Centralkörpers und der Membran findet sich eine dünne einfache Lage von Plasmawaben der Rindenschicht. Feine rothe Körnchen lassen sich nach Hämatoxylinfärbung im Centralkörper nachweisen". — Zunächst sei hierzu bemerkt, dass Bütschli nur kleinere Formen von *B. mirabilis* untersucht haben kann, wie aus den Worten, dass der Centralkörper eine sehr grosse Vakuole enthält, hervorgeht — bei den dickeren Fäden sind es fast immer mehrere Vakuolen. Ferner scheint er auch nicht recht frisches lebendes Material gehabt zu haben; die Erscheinung, dass in der Vakuole „kleine blasse Körperchen" — das sind vermuthlich Amylinkörner — sich in Molekularbewegung befinden, tritt bei kränkelnden, absterbenden Zellen ein. Doch abgesehen davon habe ich, wie erwähnt, bei der grossen Zahl lebender wie fixirter, gefärbter wie ungefärbter Fäden in keiner einzigen Zelle die von Bütschli angegebenen Verhältnisse beobachten können. Weder bei lebendem noch auch an abgetötetem Material sieht man im Protoplasma irgend eine Sonderung, die zu einer Unterscheidung zwischen einem Centralkörper und einer Rindenschicht berechtigen könnte. Da der Schwefel immer im Protoplasma lagert und Bütschli nur solche Fäden beschreibt, bei denen sich durch die centrale Vakuole Protoplasma nicht hindurchzieht, so ist es selbstverständlich, dass dieser dann im Wandbeleg anzutreffen ist. Aber hier nicht bloss in einer bestimmten Zone, der „relativ dünnen Wand des Centralkörpers", sondern im ganzen Wandbeleg. Ja, oft liegt er dicht den Wänden an, an der Stelle also, wo man die Bütschli'sche Rindenschicht suchen müsste. Ferner spricht auch gegen die Bütschli'sche Auffassung der Zelle von *B. mirabilis* die Lage der Kohlehydrate, die dann sowohl in der Rindenschicht wie im Centralkörper gespeichert wären. Dass überhaupt ein Kernäquivalent oder ein Kern sich mit einer grossen Menge von Reservestoffen versieht, ist ohne ein Analogon in der Biologie. — Durch

[1]) l. c. 1890.

die Arbeit von Massart [1]) ist meine Widerlegung des Bütschli'schen Centralkörpers bei *B. mirabilis* bestätigt worden; da dieser Autor aber meine schon im Juli 1901 erschienene vorläufige Mittheilung [2]) nicht erwähnt, so muss ich annehmen, dass er von ihr keine Kenntniss gehabt hat.

Nach Behandlung mit „Kernfarbstoffen" treten in den Zellen nur die von Bütschli [3]) beschriebenen rothen Körner hervor, die ich als Chromatinkörner bezeichnet habe [4]). Unter diesen verstehe ich lediglich Einschlüsse des Protoplasmas, welche die Eigenschaft besitzen, dass sie gewisse Farbstoffe intensiv speichern. Sie sind gewöhnlich rund, manche auch oval. Ihre Grösse ist ganz verschieden (Figg. 13—16); man kann in derselben Zelle Körnchen, die bei starker Vergrösserung wie ein Punkt erscheinen, neben solchen treffen, die den Amylinkörnern gleichen. Durchschnittlich sind sie kleiner wie diese, so zwar, dass sie die Grösse der ovalen Amylinkörner nie erreichen. In einem Mikrotomschnitt bestimmte ich den Durchmesser eines Chromatinkornes; er betrug 0,5—0,6 μ. Fig. 14 veranschaulicht im von Schwefelvakuolen durchsetzten Protoplasma eines Schnittpräparates die schwarz gezeichneten Chromatinkörner neben den zahlreich vorhandenen Amylinkugeln. Ferner ist auffallend, dass die Zahl der in einer Zelle vorhandenen Chromatinkörner ebenfalls innerhalb weiter Grenzen schwankt; so berechnete ich für eine Zelle etwa 50, für eine andere etwa 200.

Da das Protoplasma häufig mit Schwefeltropfen und Amylin beladen ist, so kann man die kleinen Chromatinkörner in einer lebenden Zelle ohne Reagentien nicht identifiziren. Dass sie aber kein Kunstprodukt darstellen, geht daraus hervor, dass ich sie in lebenden Zellen mit Cyanin färben konnte. Nach Einwirkung einer 0,1 %igen wässerigen Cyaninlösung traten sie schön distinkt hervor (Figg. 15, 16). Auch scheint mir die Thatsache, dass sie in gefärbten Präparaten bei verschiedener Fixirung (nach Flemming, nach Merkel, Jodjodkali) immer zu finden waren, dafür zu sprechen, dass sie durch die Fixirflüssigkeiten nicht erst ausgefällt worden sind.

Eine Identität zwischen den Amylinkugeln und den Chromatinkörnern besteht nicht. Um diesen Einwand, der leicht gemacht werden könnte, zu entkräften, löste ich aus Schnitten, die sowohl nach Flemming wie nach Merkel fixirt waren, durch Speichel das Amylin völlig heraus, sodass mit Jod keine Färbung mehr auftrat. Stets war dann die Anwendung von Farbstoffen von Erfolg begleitet. Man erkennt ferner bei gefärbten Präparaten neben dem ungefärbten Kohlehydrat die intensiv tingirten Körnchen. — In 0,2 %iger Natronlauge ist das Chromatin langsam löslich; Schnitte, die 1—2 Stunden ihrer Wirkung ausgesetzt waren, liessen nur noch zum Theil eine Färbung hervortreten.

Ueber den morphologischen Werth der Chromatinkörner kann ich nur Vermuthungen aussprechen. Zunächst muss es schon unentschieden bleiben, ob alle Gebilde, die sich mit „Kernfarbstoffen" tingiren, auch gleiche chemische Zusammensetzung haben. Denn nach der

[1]) l. c.
[2]) l. c.
[3]) l. c. 1890.
[4]) l. c.

von Fischer[1]) aufgestellten physikalischen Theorie der Färbung ist es sehr wohl möglich, dass ganz heterogene Körper dieselbe Farbe speichern; es kommt nur auf ihren physikalischen Zustand an. Man könnte demnach glauben, dass ein Theil der Chromatinkörner vielleicht den „Kernen" entspräche, ebenso gut aber, dass solche überhaupt nicht vorhanden sind. Mit demselben Rechte lässt sich indessen auch mit dieser physikalischen Theorie die Annahme vereinen, dass die Chromatinkörner gleiche chemische Beschaffenheit besitzen, wie es die chemische Theorie der Färbung ohne Weiteres voraussetzt. Dann halte ich es aber für ausgeschlossen, dass die Chromatinkörner als Kerne anzusehen sind, denn ein solches Schwanken in der Grösse und Zahl der vorhandenen Kerne ist uns von keiner Pflanzenzelle bekannt. Vielleicht hätte, die gleiche chemische Zusammensetzung aller gefärbten Elemente vorausgesetzt, die Anschauung, dass bei *B. mirabilis* die Bestandtheile, welche den Kern aufbauen, schon vorhanden sind, sich aber noch nicht zu einem einheitlichen Organ kondensirt haben, einige Wahrscheinlichkeit für sich; sie fände auch eine Stütze an der Stellung, die die *Beggiatoen* im System einnehmen.

Wir gerathen so auf das Gebiet der Spekulation, während doch nur thatsächliche Beobachtungen zum Ziele führen können. Und auf Grund derselben können wir eben nur konstatiren, dass hier gewisse Bestandtheile der Zelle, deren Natur uns unbekannt ist, mit „Kernfarbstoffen" sich intensiv tingiren. Unter Zusammenfassung dieses Ergebnisses mit dem oben Ausgeführten gelangen wir daher zu der Ueberzeugung, dass *B. mirabilis* bis auf Weiteres als kernlos anzusehen ist. Eine Verallgemeinerung dieses Resultates auf alle Bakterien ist natürlich nicht angängig, besonders da wir nicht einmal wissen, ob diese sämmtlich einen übereinstimmenden Bau besitzen, und es auch noch nicht ausgemacht ist, dass alle jetzt zu den Bakterien gerechneten Organismen diese systematische Einreihung verdienen.

Bei Beschreibung der Glashafenkultur erwähnte ich, dass ich in einer bestimmten Zone derselben fast ausschliesslich schwefelfreie *Beggiatoen* angetroffen habe. Man könnte nach Winogradsky's Angaben[2]) Bedenken tragen, diese überhaupt der Spezies *B. mirabilis* zuzuzählen. Er sagt: „Zu der Gattung *Beggiatoa* sind nur Fäden zuzurechnen, welche Schwefelkörnchen enthalten. Das Vorhandensein von diesen bildet ein auffälliges morphologisches Merkmal, welches zur Charakteristik der Gattung gehört und auf eine Reihe von merkwürdigen Eigenschaften in der Ernährung und Lebensweise hindeutet. Das zu betonen war nothwendig, weil es eine ganze Menge von Organismen giebt, welche von *Beggiatoa* nur durch den Mangel an Schwefelkörnchen verschieden sind. Sie sind theils sehr schwach, manchmal fast unmerklich grün (und dann den *Oscillarien* zuzuzählen), theils auch vollkommen farblos. Ganz schwefelfreie *Beggiatoa*-Fäden sind ziemlich selten anzutreffen; es bleiben auch in H_2S-freien Medien spärliche Körnchen als winzige schwarze Pünktchen lange Zeit erhalten, welche nach ihrem äusserst charakteristischen Aussehen ohne weiteres als Schwefel erkannt werden können. In zweifelhaften Fällen entscheidet die Zufuhr von H_2S-haltiger Flüssigkeit, nur die *Beggiatoen* lagern dann Schwefelkörner ab". Doch gehören diese von mir gefundenen schwefelfreien Fäden zweifellos zu *B. mirabilis,* denn wenn man ihnen Schwefelwasserstoff zuführt, erscheinen in ihnen die Schwefeltropfen. Ihr

[1]) l. c.
[2]) l. c. 1888.

Vorkommen ist nicht so selten wie Winogradsky bei seinen allgemeinen Angaben über *Beggiatoa* — er hat *B. mirabilis* nicht untersucht — annimmt. Sie treten gemeinsam mit solchen Fäden auf, die nur sehr wenig, zum Theil nur noch in einigen Zellen Schwefel enthalten. Der Bau der schwefelfreien Zellen stimmt im Grossen und Ganzen mit dem der schwefelhaltigen überein, abweichend ist nur die Höhe. Während nur bei den dünneren schwefelführenden Fäden die Zellen auf dem Längsschnitt nahezu quadratisch erscheinen, ist das hier auch bei den dicken Formen recht häufig. Deswegen findet man auch im Protoplasma, das hier sehr deutlich, oft mit einem gelblichen Ton, hervortritt, zumeist nicht nur eine Reihe von Vakuolen, sondern deren mehrere. In Fig. 17 habe ich einige Zellen eines lebenden schwefelfreien Fadens durch die Zeichnung wiedergegeben; das Protoplasma, das zu grösseren Massen angehäuft sein kann, durchzieht das Innere der Zellen in zahlreichen Platten, sodass mehrere Reihen von Vakuolen gebildet werden. Die Zellen schwefelfreier Fäden sind sehr oft mit Amylinkörnern, die auch zu Klumpen zusammenliegen können, gradezu vollgestopft. Die Zellen der Fig. 17 enthalten nur wenige grössere Amylinkörner neben vielen kleinen Kugeln.

Im Zellsafte der schwefelfreien und auch mancher schwefelarmen Fäden bewegen sich nicht selten kleine, dunkel umrandete, gebliche Körperchen langsam umher. Diese haben in der Aufsicht ovale Form, auf dem Querschnitt erscheinen sie kreisrund. Ihre Grösse ist verschieden, manche sind recht ansehnlich; meist finden sie sich in der Einzahl in einer Zelle (Fig. 18). Es sind Krystalle von oxalsaurem Kalk; sie sind löslich in verdünnter Salzsäure, unlöslich in verdünnter Essigsäure. Als solche Stoffwechselprodukte deute ich die in Engler's Zeichnungen[1]) angegebenen Körper im Innern schwefelarmer Zellen, die er für Bakterien hält; ihre Form stimmt mit der von mir beobachteten vollkommen überein, wenn sie auch in etwas abweichender Zahl eingetragen sind.

Bei meinen gelegentlichen Versuchen, Fäden auf dem Objektträger zu kultiviren, hatte ich auch schwefelfreie verwendet. Meine Annahme, dass diese binnen kurzer Zeit zu Grunde gehen würden, wenn sie nicht genügend Schwefelwasserstoff erhielten, war eine trügerische. Ich habe schwefelfreie Fäden neben schwefelarmen 10 Tage lang in Objektträgerkultur gehalten; täglich setzte ich mindestens einmal frisches Wasser aus dem Gefäss hinzu, dem diese *Beggiatoen* entstammten. Das Wasser war nicht ganz frei von Schwefelwasserstoff, von einer Speicherung des Schwefels im Innern der Zellen war aber nach Erneuerung desselben nichts zu bemerken. Die Fäden waren offenbar ganz gesund, sie befanden sich in lebhafter Bewegung. Manche von ihnen waren recht lang, ein Faden mass $1^1/_2$ cm. Durch eine Unvorsichtigkeit wurde diese Kultur gestört. Ich hielt nämlich die Präparate in einer feuchten Kammer und bewahrte darin auch zufällig einige Objektträgerkulturen auf, die in stark nach H_2S riechendem Wasser lagen. Dieser verbreitete sich nun unter der Glasglocke, wurde auch von dem Wasser, in dem sich die schwefelfreien Fäden befanden, absorbirt und kam ihnen zu Gute. Die Wirkung war derart, dass sie am nächsten Tage mit einer ziemlichen Menge kleiner Schwefeltropfen beladen waren. So bewies dieser unfreiwillig angestellte Versuch, dass die Fäden echte *Beggiatoen* seien.

[1]) l. c.

Die auffällige Erscheinung, dass die schwefelfreien Fäden von *B. mirabilis* sich so lange lebenskräftig erhielten, erklärt sich folgendermaassen. In dem Wasser, das immer neu hinzugesetzt wurde, waren Spuren von Schwefelwasserstoff gelöst. Dieser wurde von den *Beggiatoen* sogleich bis zu Schwefelsäure verbrannt, ohne dass es zu einer mehr als momentanen Speicherung des Schwefels kam. Die dabei frei werdende Energie wurde benutzt, um möglichst viel Amylin zu bilden; daher die grosse Menge dieses Kohlehydrates in den Zellen. Bei anderen Fäden wiederum mag nicht so viel Energie disponibel gewesen sein; deswegen enthielten sie wenig Amylinkörner.

Eine Zelltheilung konnte ich bei schwefelfreien Fäden nicht wahrnehmen; es scheint, als ob diese hier unterbliebe. Dagegen tritt bei den schwefelführenden normalen Fäden eine sehr lebhafte Theilung auf. Den ganzen Verlauf dieses Vorganges an einer Zelle zu studiren (er ist vermuthlich recht langsam), ist mir nicht gelungen. Eine Zelle, die in die Theilung eintreten will, ist daran kenntlich, dass sie bedeutend höher ist als die ruhenden Zellen. Dann tritt in der Mitte zwischen den beiden sie begrenzenden Querwänden eine Ringleiste auf, die sich langsam in das Innere vorschiebt und so nach und nach die Zelle in zwei gleich grosse Stücke zertheilt. Da diese Ringleiste von Protoplasma überzogen ist, so erhalten die beiden neu entstandenen Zellen einen vollständigen protoplasmatischen Wandbeleg. Fig. 19 zeigt in der Aufsicht auf einen Faden bei *a* Zellen, in denen die junge Zellwand angelegt ist; dieselben Zellen sind in Fig. 20 auf dem optischen Längsschnitt wiedergegeben, hier ist das langsame Vorrücken der Querwand gut zu erkennen. Die Zelle bei *b* hat sich soeben getheilt, die bei *c* würde demnächst in die Theilung eingetreten sein. — Ein Mitwirken des Chromatins bei der Theilung habe ich nicht wahrnehmen können.

Durch fortgesetzte Theilung der Zellen müssten allmählich sehr lange Fäden entstehen. Ich habe auch thatsächlich solche wahren Riesen gesehen; doch ist dies die Ausnahme, man wird sie selbst unter einer grossen Zahl von Fäden selten finden. Der Grund dafür ist der, dass die langen Fäden in 2 oder mehrere Stücke zerbrechen. Auf diesem Wege vollzieht sich, soweit bekannt, einzig die Vermehrung der *B. mirabilis*. Und zwar erfolgt sie auf Kosten einiger Zellen. Diese sterben ab, ihr Inhalt wird desorganisirt, und schliesslich löst sich ihre Längswand; dadurch wird der Faden in zwei Stücke zerrissen. Nachdem schon vorher die an die abgestorbenen Zellen angrenzende Zelle jedes neu entstandenen Fadens in Folge ihres Turgors, der auf der anderen Seite kein Gegengewicht mehr fand, sich zu einer Endzelle vorgewölbt hat, wachsen nun beide Stücke heran, zerbrechen wieder u. s. w. An einem schwefelfreien Faden zeigt Fig. 21 das Zerbrechen in zwei Stücke; der Inhalt der abgestorbenen Zellen, in dem Amylinklumpen zu erkennen sind, ist herausgequollen. Oft sind es mechanische Einflüsse, die ein Zerfallen eines Fadens veranlassen, indem z. B. eine oder mehrere Zellen gequetscht werden und deshalb absterben. Doch kann das nicht die einzige Ursache sein. Es muss hier ein inneres Entwickelungsmoment bestehen, das uns gänzlich unbekannt ist, wonach die Fäden unter gewissen Umständen zerbrechen. Denn sonst würde ja eine so intensive Vermehrung der *Beggiatoen,* dass sie in verhältnissmässig kurzer Zeit grosse Rasen bilden, unerklärlich sein. Winogradsky[1]) hat nun allerdings durch Versuche an *B. alba* festgestellt,

[1]) l. c.

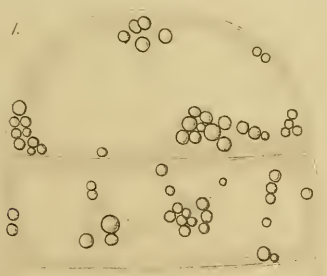
dass die Fäden nur unter ungünstigen Kulturbedingungen, bei Mangel an Schwefelwasserstoff, zerfallen; es sei diese Erscheinung also nicht zu vergleichen mit dem bei anderen Bakterienfäden entwickelungsgeschichtlich auftretenden Zerbrechen. Doch muss meines Erachtens eine solche Analogie nach dem oben Ausgeführten vorhanden sein. Denn dass noch eine andere uns unbekannte Vermehrung bei *B. mirabilis* vorkommt, ist recht unwahrscheinlich. Die von Warming[1]) als *Beggiatoen*keime beschriebenen Kugeln habe ich nicht beobachten können. Dagegen spricht ihnen Engler[2]) einen Zusammenhang mit der Entwickelungsgeschichte von *B. mirabilis* ab; denn sie wachsen nie zu Fäden aus, sondern zerfallen nach der Theilung.

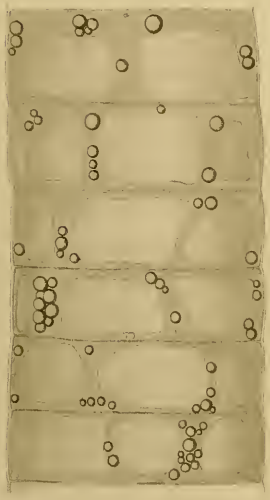
Eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Resultate meiner Untersuchungen ergiebt Folgendes:

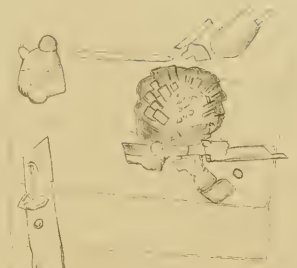
1. Die Zellen der *B. mirabilis* bestehen aus einer Zellwand und dem Protoplasma.
2. Die Längswand, welche wie die Querwand die Reaktionen der Pektinstoffe zeigt, setzt sich aus zwei Schichten von verschiedener Quellbarkeit zusammen.
3. Das Protoplasma liegt allseitig der Wand an und durchzieht in zuweilen dicken Platten das Lumen der Zelle, sodass der Zellsaftraum in mehrere, meist in einer Reihe angeordnete Vakuolen getheilt wird.
4. Eine Sonderung des Protoplasmas in Rindenschicht und Centralkörper ist nicht vorhanden. Ein Zellkern ist weder in lebenden noch in abgetöteten und gefärbten Zellen nachweisbar; die Zellen sind deshalb vorerst als kernlos anzusehen.
5. Als Einschlüsse des Protoplasmas finden sich:
   a) Schwefeltropfen, die bei abgestorbenen Fäden auskrystallisiren können,
   b) runde und ovale Körnchen eines Kohlehydrates (Amylin) aus der nächsten Verwandtschaft der Stärke,
   c) Chromatinkörner verschiedener Grösse und Zahl.
6. Schwefelfreie Fäden bleiben längere Zeit lebenskräftig; ihre Zellen sind gewöhnlich höher als die der schwefelführenden Fäden und enthalten im Zellsafte häufig Krystalle von oxalsaurem Kalk.
7. Die intercalar auftretende Zelltheilung vollzieht sich durch Durchschnürung der Zelle, die Vermehrung durch Zerbrechen der Fäden.

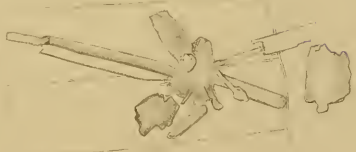
[1]) l. c.
[2]) l. c.

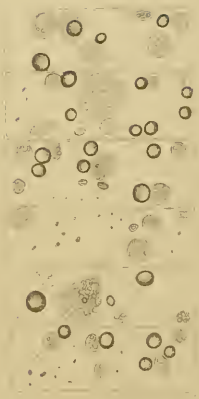
Kiel, den 9. Mai 1902.

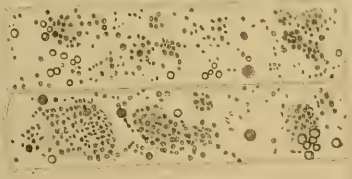


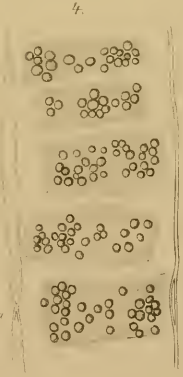


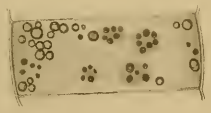












Erklärung der Figuren. Tafel IV und V.

(Optischer Apparat: Zeiss, Objektive *A*, *DD*, Okular 2;
Winkel, Homogene Oelimmersion 1,8 mm, Okulare 2,4 [für Fluoritsystem]).

Beggiatoa mirabilis.

Fig. 1. Optischer Längsschnitt der Spitze eines lebenden Fadens. Im Protoplasma liegen zahlreiche Schwefeltropfen. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 2. Mehrere Gliederzellen eines Fadens bei Einstellung etwas unterhalb der Oberfläche. Im Protoplasma, das durch in einer Reihe angeordnete Vakuolen durchbrochen wird, liegen relativ wenige Schwefeltropfen und viele kleine Amylinkörner. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 3. Spitze eines Fadens, dessen Endzelle nach zwei Seiten vorgewölbt ist. Bei *a* seitliche Ansicht, bei *b* Aufsicht. Das Protoplasma ist nicht eingezeichnet, bei *a* ist die Lage der Schwefeltropfen angedeutet. $\frac{420}{1}$.

Fig. 4. Stück eines Fadens, der 30 Minuten in Chlorzinkjod gelegen hatte. Die Längswand ist zum Theil gespalten, bei *a* ist der Uebergang beider Schichten in einander gut zu erkennen. Die Querwände sind verquollen, ebenso das Portoplasma, in dem eine grosse Zahl kleinerer Schwefeltropfen liegt. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 5. Absterbeerscheinungen einer Reihe von Zellen eines lebenden Fadens. Dieselben sind stark angeschwollen, in ihrem Innern ist neben Schwefeltropfen eine grosse Zahl wirbelnder Amylinkörner zu erkennen. $\frac{420}{1}$.

Fig. 6. Eine Anzahl Gliederzellen eines Fadens, auf denen Schwefel in verschiedenen Formen auskrystallisirt ist. Präp.: Chromosmiumessigsäure (n. Flemming), conc. Glycerin. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 7. Zwillingskrystall vom Schwefel, der aus einem Faden auskrystallisirt ist; in jedem Einzelindividuum ist ein Hohlraum zu erkennen. Präp.: Chromosmiumessigsäure (n. Flemming), conc. Glycerin. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 8. Krystalle vom Schwefel, der aus einem Faden auskrystallisirt ist. Präp.: Chromosmiumessigsäure (n. Flemming), Glyceringelatine. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 9. Aufsichtsbild dreier Gliederzellen eines Fadens. Nach Jodbehandlung treten im Wandbeleg die schwarz eingezeichneten, meist ovalen Amylinkörner hervor. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 10. Optischer Längsschnitt zweier Gliederzellen eines absterbenden Fadens, in denen eine grosse Zahl meist kleiner Amylinkörner in lebhafter Bewegung begriffen ist. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 11. Optischer Längsschnitt einiger Gliederzellen eines schwefelarmen abgestorbenen Fadens. Im Innern der Zelle, in der eine Sonderung in Protoplasma und Vakuolen nicht mehr zu erkennen ist, liegen grosse Zusammenballungen des Amylins. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 12. Gliederzelle eines Fadens bei Einstellung etwas unter die Oberfläche. Im portoplasmatischen Wandbeleg treten nach Jodbehandlung die Amylinkörner hervor, die an einigen Stellen einer bräunlichen Masse eingebettet zu sein scheinen. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 13. Optischer Längsschnitt einiger Gliederzellen eines Fadens, in deren Innern dichte Protoplasmamassen, von Schwefelvakuolen durchsetzt, lagern. Die zahlreichen Chromatinkörner sind schwarz eingezeichnet. Präp.: Chromsäure-Platinchlorid (n. Merkel), Hämatoxylin n. Heidenhain, Glycerin. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 14. Mikrotomschnitt durch eine Zelle. Im dichten Wandbeleg sind neben Schwefelvakuolen die verschieden grossen Chromatinkörner schwarz eingetragen; ausserdem sind zahlreiche kleinere Amylinkörner zu erkennen. Präp.: Chromsäure-Platinchlorid (n. Merkel), Hämatoxylin n. Heidenhain, Glycerin. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 15. Spitze eines Fadens, der lebend mit Cyanin gefärbt wurde. Die im protoplasmatischen Wandbeleg gefärbten Chromatinkörner sind schwarz eingetragen. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 16. Gliederzelle eines lebenden schwefelfreien Fadens bei Oberflächeneinstellung. Die Chromatinkörner, die nach Färbung mit Cyanin hervortreten, sind schwarz wiedergegeben. $\frac{1500}{1}$.

Fig. 17. Optischer Längsschnitt durch mehrere Gliederzellen eines lebenden schwefelfreien Fadens. Das von zahlreichen Vakuolen durchzogene Protoplasma enthält grosse ovale Amylinkörner in geringer Anzahl neben vielen kleinen Amylinkugeln. $\frac{1500}{1}$.

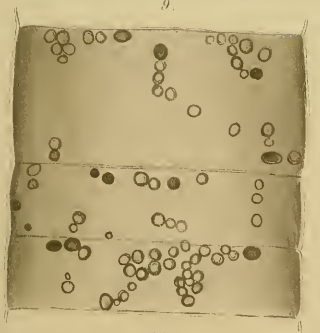
Fig. 18. Optischer Längsschnitt einiger Gliederzellen eines lebenden schwefelfreien Fadens, in deren Zellsaft sich Krystalle von Kalciumoxalat bewegen. Das Protoplasma ist nicht eingezeichnet. $\frac{420}{1}$.

Fig. 19. Aufsichtsbild einiger in Theilung begriffenen Gliederzellen eines Fadens. Bei *a* ist die neue Zellwand angelegt, bei *b* die Theilung schon vollendet, bei *c* würde sie demnächst eingetreten sein. Präp.: Chromosmiumessigsäure (n. Flemming), Hämatoxylin n. Heidenhain, Glycerin. $\frac{1800}{1}$.

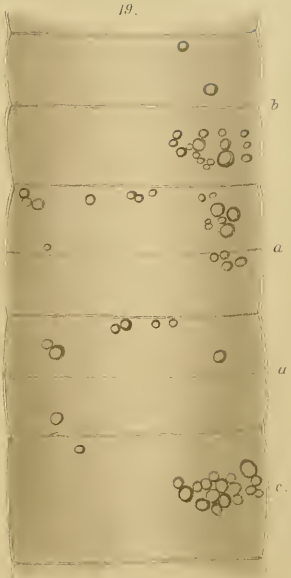
Fig. 20. Dieselben Zellen wie in Fig. 19 im optischen Längsschnitt.

Fig. 21. Zerbrechen eines lebenden schwefelfreien Fadens in zwei Stücke. Aus den abgestorbenen Zellen ist der Inhalt herausgequollen; in ihm sind viele Amylinkörner in Klumpen angeordnet. $\frac{1500}{1}$.

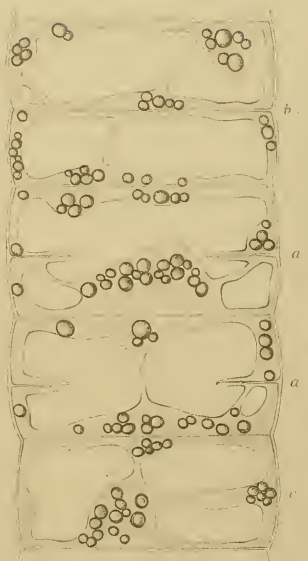
9.



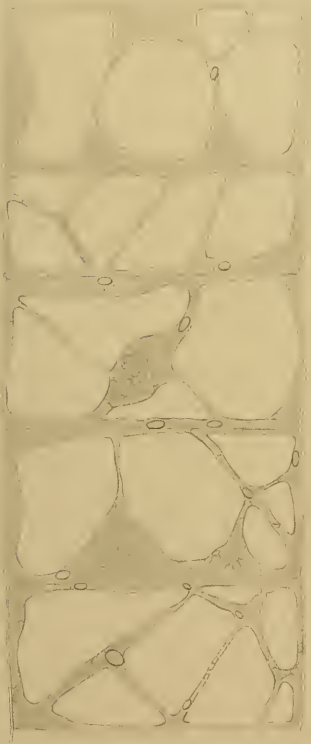
19.



20.

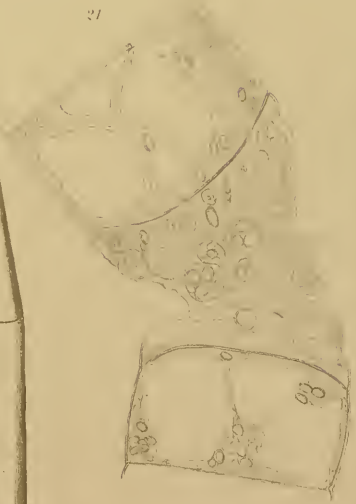


17.

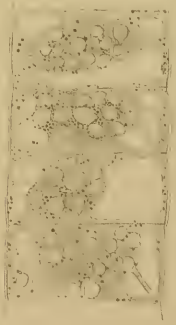


7.

21



13.



14.

15

18.

16.

Chronologisches Verzeichniss der mir zugänglich gewesenen Litteratur über die Kernfrage bei den Bakterien.

1880. Schmitz, Über die Structur des Protoplasmas und der Zellkerne der Pflanzenzellen. Sitzungsber. d. Niederrhein. Gesellsch. f. Natur- u. Heilkunde zu Bonn.

1888. Ernst, Über den *Bacillus xerosis* und seine Sporenbildung. Zeitschr. f. Hygiene. IV.

Neisser, Versuche über die Sporenbildung bei Xerosebacillen, Streptokokken und Choleraspirillen. Zeitschr. f. Hygiene. IV.

Schottelius, Beobachtung kernartiger Körper im Innern von Spaltpilzen. Centralbl. f. Bakt. IV.

1889. Babes, Über isolirt färbbare Antheile von Bacterien. Zeitschr. f. Hygiene. V.

Ernst, Über Kern- und Sporenbildung in Bacterien. Zeitschr. f. Hygiene. V.

1890. Bütschli, Über den Bau der Bacterien und verwandter Organismen. Vortrag. Leipzig.

1891. Fischer, Die Plasmolyse der Bacterien. Ber. d. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Math.-physische Klasse. 43. Bd.

Protopopoff, Sur la question de la structure des Bactéries. Annales de l'Institut Pasteur. V.

Zettnow, Über den Bau der Bakterien. Centralbl. f. Bakt. X.

1892. Förster, Über eine merkwürdige Erscheinung bei *Chromatium Okenii* Ehrbg. *sp.* Centralbl. f. Bakt. XI.

Frenzel, Über den Bau und die Sporenbildung grüner Kaulquappenbacillen. Zeitschr. f. Hygiene. XI.

Sjöbring, Über Kerne und Theilungen bei den Bacterien. Centralbl. f. Bakt. XI.

Trambusti u. Galeotti, Neuer Beitrag zum Studium der inneren Struktur der Bakterien. Centralbl. f. Bakt. XI.

Zukal, Über den Zellinhalt der *Schizophyten*. Sitzungsber. d. mathem.-naturw. Klasse der Kaiserl. Akademie d. Wissensch. zu Wien. 101. Bd. Abtheilung I.

1893. Mitrophanow, Étude sur l'organisation des Bactéries. Internat. Monatsschrift für Anatomie und Physiologie. X.

1894. Ilkewicz, Über die Kerne der Milzbrandsporen. Centralbl. f. Bakt. XV.

Migula, Über den Zellinhalt von *Bacillus oxalaticus* Zopf. Arbeiten des Bakter. Instituts zu Karlsruhe.

1895. Babes, Beobachtungen über die metachromatischen Körperchen, Sporenbildung, Verzweigung, Kolben- und Kapselbildung pathogener Bakterien. Zeitschr. f. Hygiene. XX.

Fischer, Untersuchungen über Bakterien. Jahrb. f. wissensch. Botanik. XXVII.

1896. Bütschli, Weitere Ausführungen über den Bau der Cyanophyceen und Bacterien. Leipzig.

Löwit, Zur Morphologie der Bakterien. Centralbl. f. Bakt. XIX.

1897. Fischer, Untersuchungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien. Jena.

Kunstler et Busquet, Recherches sur les grains rouges. Comptes rendus de l'Acad. des sciences. Tome 125.

Kunstler et Busquet, Sur la valeur nucléolaire du corps central des Bactériacées. Comptes rendus de l'Acad. des sciences. Tome 125.

Meyer, Neues über die Morphologie der Bacterienzelle und die Entwickelungsgeschichte der Bacteriensporen. Sitzungsber. d. Gesellsch. z. Beförderung d. gesammt. Naturwissensch. zu Marburg.

1897. Meyer, Studien über die Morphologie und Entwickelungsgeschichte der Bacterien, ausgeführt an *Astasia asterospora* A. M. und *Bacillus tumescens* Zopf. Flora. 84. Bd. Ergänzungsband z. Jahrg. 1897.

1898. Migula, Weitere Untersuchungen über *Astasia asterospora* Meyer. Flora. 85. Bd.
Růžička, Zur Frage von der inneren Struktur der Mikroorganismen. Centralbl. f. Bakt. XXIII.
Wagner, Coli- und Typhusbakterien sind einkernige Zellen. Centralbl. f. Bakt. XXIII.
Ziemann, Eine Methode der Doppelfärbung bei Flagellaten, Pilzen, Spirillen und Bakterien, sowie bei einigen Amöben. Centralbl. f. Bakt. XXIV.

1899. Marx, Zur Morphologie des Rotzbacillus. Centralbl. f. Bakt. XXV.
Meyer, Über Geisseln, Reservestoffe, Kerne und Sporenbildung der Bacterien. Flora. 86. Bd.
Muhlschlegel, Ein Beitrag zur Morphologie und Entwickelungsgeschichte der Bakterien nach Studien an drei Körnerbacillen. Arbeiten aus d. Kaiserl. Gesundheitsamt. XV.
Zettnow, Romanowski's Färbung bei Bakterien. Zeitschr. f. Hygiene. XXX.

1900. Emmerich u. Saida, Über die morphologischen Veränderungen der Milzbrandbacillen bei ihrer Auflösung durch Pyocyanase. Centralbl. f. Bakt. XXVII.
Feinberg, Über den Bau der Bacterien. Deutsche Medizinische Wochenschrift.
Feinberg, Über den Bau der Bacterien. Centralbl. f. Bakt. XXVII.
Marx u. Woithe, Morphologische Untersuchungen zur Biologie der Bakterien. Centralbl. f. Bakt. XXVIII.
Zettnow, Romanowski's Färbung bei Bakterien. Centralbl. f. Bakt. XXVII.

1901. Hinze, Über den Bau der Zellen von *Beggiatoa mirabilis* Cohn. Ber. d. Deutsch. Botan. Gesellsch. XIX.
Krompecher, Untersuchungen über das Vorkommen metachromatischer Körnchen bei sporentragenden Bakterien und Beiträge zur Kenntnis der Babes-Ernst'schen Körperchen. Centralbl. f. Bakt. XXX.
Marx, Über Sporenbildung und Sporenfärbung. Centralbl. f. Bakt. XXIX.
Nakanishi, Über den Bau der Bakterien. Centralbl. f. Bakt. XXX.

1902. Bütschli, Bemerkungen über Cyanophyceen und Bacteriaceen. Archiv für Protistenkunde. I.
Ernst, Über den Bau der Bakterien. Centralbl. f. Bakt. 2. Abtheilung. VIII.
Massart, Sur le protoplasme des Schizophytes. Recueil de l'Institut Botanique, Université de Bruxelles. Tome V.

Ueber den Einfluss der Temperatur

auf die

Entwickelung von Fisch-Eiern.

Von

Dr. **J. Reibisch.**

Hierzu Tafel VI.

Bei der Aufzucht von Süsswasserfischen aus künstlich befruchteten Eiern, besonders von Salmoniden, ist zuerst genauer auf die Beziehungen zwischen Temperatur und Dauer der Entwickelung geachtet worden, und zwar von Seth Green [1]), der die Angabe macht, dass die Inkubationsdauer der Eier von *Salmo fontinalis* „bei 50° F 50 Tage in Anspruch nehme und für jeden Grad Fahrenheit wärmer oder kälter sich dementsprechend um 5 Tage verkürze oder verlängere". Ueber die Konstanz der „Wärmesumme" hat dann Metzger [2]) durch Untersuchungen an Lachs- und Forelleneiern Beobachtungen angestellt. Der Ausdruck Wärmesumme wird in der Klimatologie und Pflanzenphänologie allgemein angewandt und ist seinem Wesen nach identisch mit dem, was Heincke als Gradstunden bezeichnet.

In der Arbeit „Eier und Larven von Fischen der Deutschen Bucht. II" von Fr. Heincke und E. Ehrenbaum [3]) macht ersterer auf die Bedeutung aufmerksam, die bei der Entwickelung der Fischeier ein Produkt aus der Inkubationsdauer und der mittleren Temperatur dadurch haben kann, dass dasselbe innerhalb gewisser Grenzen konstant ist. Für die Zeit wählt Heincke die Zahl der Stunden, die Temperatur wird in Graden C ausgedrückt. Auf Seite 222 derselben Arbeit wird dann ein Beispiel für *Pleuronectes flesus* besonders ausgeführt. Auf eine Anfrage bei Herrn Prof. Heincke theilte mir derselbe freundlichst mit, dass sich seine Erwähnung älterer Beobachtungen auf anderen Gebieten hauptsächlich auf Untersuchungen von A. J. Oettingen [4]) über pflanzenphänologische Berechnungsmethoden bezögen.

Im Winter 1900/1901 war ich im Auftrage von Herrn Prof. Hensen mit einer möglichst genauen Festlegung der einzelnen Entwickelungsstadien der Eier von *Pleuronectes platessa* beschäftigt und musste dabei natürlich den Einfluss der Temperatur auf die Inkubationsdauer wesentlich berücksichtigen. Da es nicht gelang, eine grössere Serie von Entwickelungen der genannten Form bei verschiedenen Temperaturen bis zum Ausschlüpfen der jungen Brut durchzuführen (besonders bei Temperaturen zwischen 0° und 2° C traten sehr bald abnorme Bildungen auf, die dann schnell abstarben), war es nothwendig, frühere Beobachtungsreihen für die Bestimmung des Temperatureinflusses heranzuziehen.

Für die folgenden Betrachtungen erscheint es vortheilhaft, nur mit Tagen und Bruchtheilen derselben in der ersten Dezimale zu rechnen, und ich ziehe es vor, an Stelle von

---

[1]) Trout-Culture. Rochester. N. Y. 1870. (citirt nach A. Metzger: Mittheilungen aus der Fischbrutanstalt der Kgl. Forstakademie Münden in „Mündener Forstliche Hefte" Heft 7. Berlin 1895).

[2]) Mittheilungen des Vereins zur Beförderung der Fischzucht im Regierungsbezirk Kassel. Bd. 1, H. 2. (1881).

[3]) Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. N. F. 3. Bd. Abth. Helgoland. 1897. p. 217.

[4]) Phänologie der Dorpater Lignosen. Archiv f. d. Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands. 2. Serie. Bd. VIII. 1882. p. 241—352.

Wärmesumme die in der praktischen Fischzucht jetzt allgemein übliche Bezeichnung Tagesgrade zu verwenden, die besser zum Ausdruck bringt, dass es sich hier eigentlich um ein Produkt, nämlich das aus der mittleren Tagestemperatur und der Anzahl der Tage, und nicht um eine Summe handelt.

Für *Pleuronectes platessa* liegt eine Reihe von Eientwickelungen bei 4 verschiedenen Temperaturen von Dannevig [1]) vor. Er hat folgende Werthepaare gefunden: Die Inkubationsdauer beträgt bei

6°,	8°,	10°,	12° C
18¼,	14⅓,	12,	10½ Tage.

Werden nach diesen Zahlen die Tagesgrade für *Pleuronectes platessa* gebildet, so ergiebt sich folgende Reihe:

Bei 6° 109,5 Tagesgrade.
„ 8° 114,7 „
„ 10° 120,0 „
„ 12° 126,0 „

Die Abweichungen sind sehr beträchtlich, und es findet bei steigender Temperatur eine stetige Zunahme der Tagesgrade statt.

Bei anderen Fischarten, z. B. bei *Gadus morrhua* und *G. aeglefinus,* zeigt sich direkt die Unmöglichkeit, von einer annähernden Konstanz der auf diese Weise gewonnenen Tagesgrade zu sprechen. Denn, wie aus Angaben von Earll und von Dannevig hervorgeht, geht hier eine Entwickelung der Eier auch bei — 1° C vor sich, woraus natürlich auch ein negativer Werth für die Tagesgrade sich ergiebt. Auch Forelleneier sollen sich bei 0° C entwickeln [2]): hier würde das Produkt aus Zeit und mittlerer Temperatur also auch 0 betragen können. Allerdings dürfte es schwierig sein, Eier von Süsswasserfischen, die fliessendes Wasser für ihre Entwickelung brauchen, auf einer konstanten Temperatur von 0° zu erhalten. Die Möglichkeit des Steigens der Temperatur über 0° müsste ausgeschlossen sein, da in diesem Falle ja auch nur wenig höhere Temperaturen nicht durch entsprechend niedrigere compensirt werden könnten.

Dass die Tagesgrade unter solchen Umständen, d. h., wenn die Entwickelung sich bei 0° oder bei noch niedrigeren Temperaturen vollzieht, Werthe bekommen, die überhaupt keinen Sinn haben, liegt nun aber nicht etwa daran, dass die Tagesgrade jeder Bedeutung entbehrten, sondern ist einfach auf den Umstand zurückzuführen, dass der 0-Punkt unserer hunderttheiligen Skala für die Entwickelung von Fischeiern als Ausgangspunkt zur Bestimmung der Tagesgrade durchaus willkürlich gewählt ist. Es muss hier der auch in der Pflanzenphänologie, allerdings unter recht verschiedener Bedeutung, gebrauchte Begriff der Schwelle zur Anwendung gelangen, auf deren möglichst genaue Bestimmung bei jeder einzelnen Fischart es für die Gewinnung eines konstanten Werthes der Tagesgrade ganz wesentlich ankommt. Es fragt sich nun, ob sich aus einer Anzahl von Entwickelungsserien einer bestimmten Fischart ein Schwellenwerth bestimmen lässt, von dem aus gerechnet die Tagesgrade eine gewisse Konstanz zeigen.

[1]) 13. Annual Report of the Fishery Board for Scotland. Part III p. 149. Edinburgh 1895.
[2]) v. d. Borne. Lehrbuch der Fischzucht.

Liegen nur 2 solche Entwickelungsserien vor, so ist die Bestimmung der Schwelle sehr einfach. Hat die Entwickelung bei t_1 Grad n_1 Tage gedauert, bei t_2 Grad n_2 Tage, so ergiebt sich für die Schwelle x die Gleichung

$$(t_1 + x)\ n_1 = (t_2 + x)\ n_2$$

und hieraus

$$x = \frac{t_1\ n_1 - t_2\ n_2}{n_2 - n_1}$$

Ist t_1 hierbei die niedrigere Temperatur, so folgt

$$n_1 \rangle n_2 ,$$

da niedere Temperaturen stets eine Erhöhung der Inkubationsdauer bedingen. Der Werth des Nenners ist in Folge dessen negativ, das Vorzeichen von x also dem des Zählers entgegengesetzt. Bei dem oben angeführten Beispiel von *Pleuronectes platessa* nehmen die Produkte bei steigender Temperatur zu, der Zähler wird also bei der Kombination irgend zweier Serien stets negativ, x mithin positiv. Da nun t_1 und t_2 Grade der hunderttheiligen Skala von 0° aus gerechnet sind, so muss die Schwelle in diesem Falle auf $-x^0$ C verlegt werden; denn die Entfernung der beiden Temperaturen t_1 und t_2 von der Schwelle ist je um $+x^0$ C grösser als die Entfernung vom Nullpunkt.

Stehen für die Bestimmung von x mehr als 2 Beobachtungsreihen zur Verfügung, so erhält man natürlich nicht nur einen Werth von x, sondern so viele, als Kombinationen unter der Anzahl der Beobachtungsreihen möglich sind. Sind also m solche Reihen ausgeführt, so ergeben sich $\frac{m\ (m-1)}{2}$ Werthe für x. Es fragt sich nun, ob diese einzelnen Werthe genügend gut mit einander übereinstimmen, um aus ihnen einen Mittelwerth als Schwelle für sämmtliche Temperaturen ableiten zu können, oder ob sich Abweichungen unter denselben zeigen, die nicht auf Fehler bei der Temperaturablesung oder auf eine mangelhafte Bestimmung der einzelnen Tagesmittel zurückgeführt werden können. Ist eine Erklärung der Abweichungen durch Annahme geringer Beobachtungsfehler ausgeschlossen, so liegt natürlich die Möglichkeit vor, auf rechnerischem Wege einen Mittelwerth für x zu gewinnen; derselbe würde aber dann als Ausgangspunkt für eine Konstanz der Tagesgrade ohne jede Bedeutung sein. Man würde nur eine Reihe von Zahlen erhalten, welche für das biologische Verhalten scheinbar ein Gesetz ergäben, in das sich jedoch die wirklich beobachteten Thatsachen nicht würden hineinzwängen lassen.

Aus den oben angeführten 4 Serien für *Pleuronectes platessa* muss man durch Kombination 6 Werthe für x erhalten, die alle nach der für 2 Serien angegebenen Gleichung zu berechnen sind. Man erhält

1,3 1,7 2,1 2,3 3,0 4,0.

Diese Zahlen weichen zum Theil sehr beträchtlich von einander ab, es lässt sich aber zeigen, dass die Verschiedenheiten auf relativ geringen Beobachtungsfehlern beruhen können. Das arithmetische Mittel aus den 6 Werthen beträgt 2,4. Als Schwelle, von der aus die Temperatur zur Bildung der Tagesgrade zu zählen wären, ergiebt sich hiernach **— 2,4° C** und anstatt der Temperaturen von 6°, 8°, 10° und 12° sind deshalb 8,4, 10,4, 12,4 und 14,4 als Faktoren einzusetzen. Für die Tagesgrade erhält man dann

bei 6° C 153,3, nämlich $(6 + 2{,}4) \cdot 18\frac{1}{4}$
„ 8° 149,1 „ $(8 + 2{,}4) \cdot 14\frac{1}{3}$
„ 10° 148,8 „ $(10 + 2{,}4) \cdot 12$
„ 12° 151,2 „ $(12 + 2{,}4) \cdot 10\frac{1}{2}$

Das arithmetische Mittel aus diesen Tagesgraden beträgt 150,6, und von diesem liegen die einzelnen Werthe nicht mehr weit entfernt.

Theilt man das so gewonnene Mittel durch die Anzahl der Tage, so ergeben sich, natürlich immer unter Berücksichtigung von — 2,4° C als Schwellentemperatur, die folgenden Tagesmittel:

5,9° C, 8,1°, 10,2°, 11,9°
anstatt 6,0°, 8,0°, 10,0°, 12,0°

Diese weichen aber nur um je 0,1° C, in einem Falle um 0,2° von den von Dannevig gegebenen Tagesmitteln ab, was schon deshalb nicht ins Gewicht fällt, weil die Temperaturangaben in dem angezogenen Beispiel ja auf ganze Grad C abgerundet sind, die Abrundung allein daher schon für die relativ grosse Abweichung der einzelnen Werthe von x verantwortlich gemacht werden kann.

Hierbei ist noch die Voraussetzung gemacht, dass die Inkubationsdauer ganz genau bestimmt ist. Eine solche genaue Bestimmung ist aber überhaupt nicht erreichbar, denn das Ausschlüpfen der jungen Fische aus gleichzeitig befruchteten und in demselben Zuchtgefäss unter gleichen Bedingungen entwickelten Eiern findet keineswegs gleichzeitig statt, sondern vertheilt sich auf eine längere Zeitdauer, die sich beispielsweise bei *Pleuronectes platessa* bei einer mittleren Inkubationsdauer von 20 Tagen schon auf 4 bis 5 Tage erstrecken kann. Allerdings schlüpft die Mehrzahl der Fischchen innerhalb eines verhältnissmässig kurzen Zeitraumes aus. Warum ein gleichzeitiges Ausschlüpfen unter ganz gleichen Bedingungen überhaupt nicht zu erwarten ist, wird weiter unten ausgeführt werden.

Man ist also darauf angewiesen, den Zeitpunkt zu bestimmen, an dem die meisten Larven die Eihüllen verlassen, und hier ist die Wahrscheinlichkeit einer nicht ganz korrekten Bestimmung jedenfalls viel grösser als bei einer einzelnen Temperaturablesung und vielleicht eben so gross als bei der Festlegung des Tagesmittels. Bei den von Dannevig gegebenen Zahlen erhält man aber auch unter der Annahme, dass die Temperaturen ganz genau bestimmt sind, für die Inkubationsdauer nur unbedeutende Abweichungen. Dividirt man das Mittel der Tagesgrade über der Schwelle — 2,4° C durch die einzelnen Temperaturmittel, so ergeben sich an Stelle der beobachteten Inkubationsdauer von

$18\frac{1}{4}$, $14\frac{1}{3}$, 12 und $10\frac{1}{2}$ Tagen
17,9, 14,5 12,2 und 10,5 Tage,

bei der längsten Inkubationsdauer also nur eine Abweichung von etwa 8 Stunden.

Aus dem Umstande, dass trotz der 6 zwischen — 1,3° C und — 4° C schwankenden Schwellenwerthe bei *Pleuronectes platessa* bei der Annahme einer Schwelle von — 2,4° C nur geringe Abrundungsfehler in der Bestimmung der Temperatur angenommen zu werden brauchen, um einen konstanten Werth für die Tagesgrade zu erhalten, geht hervor, dass für

die rechnerische Festlegung der Schwelle auch starke Abweichungen der einzelnen Werthe von x nicht von schädlichem Einfluss sind, wenn nur eine genügende Anzahl von Beobachtungsreihen vorliegt, so dass sich die Schwelle als Mittel aus entsprechend vielen Einzelzahlen ergiebt.

Oben sind die korrigirten Tagesmittel in dem angezogenen Beispiel auf 0,1° C abgerundet, und schon diese Abrundung, die im ungünstigsten Falle 0,05° beträgt, kann bei der Berechnung recht erhebliche Differenzen unter den einzelnen Werthen von x hervorrufen.

Liegen die Temperaturmittel der einzelnen Entwickelungsreihen ziemlich weit aus einander, so können schon 2 dieser Reihen zur Bestimmung der Schwelle verwendet werden, aber ein solches Resultat ist immerhin beeinflusst von den unbekannten Ablesungsfehlern bei der Temperaturmessung und wohl noch häufiger durch eine nicht genügend genau ausgeführte Bestimmung der Tagesmittel. Für *Pleuronectes platessa* würde man aus den Dannevig'schen Angaben für 6° und 12° C eine Schwelle von — 2,1° C finden. Jedenfalls ist es von Vortheil, wenn eine grosse Zahl von Entwickelungsreihen vorliegt, denn dann wird die Wahrscheinlichkeit, dass zu hohe Werthe von x durch entsprechende niedere ausgeglichen werden, immer grösser.

Nun ist es eine schon öfters hervorgehobene Thatsache, die sich ausserdem bei jedem neuen Versuche in dieser Richtung aufdrängt, dass bei relativ hohen wie niederen Temperaturen die Zahl der nicht bis zum Ausschlüpfen der jungen Fische sich entwickelnden Eier eine verhältnissmässig sehr hohe ist, während sich bei der Entwickelung bei mittleren Temperaturen meist nur ein recht geringer Ausfall zeigt. Auch weichen gleichaltrige Embryonen, die bei weniger günstigen Temperaturen sich entwickelt haben, häufig ziemlich beträchtlich von einander ab, und es muss auch für diejenigen dieser jungen Fischchen, die bis zum Ausschlüpfen gebracht werden konnten, die Bestimmung des mittleren Zeitpunktes des Ausschlüpfens noch viel ungenauer ausfallen, als dies bei der auch unter günstigen Umständen innerhalb recht weiter Grenzen sich bewegenden Inkubationsdauer ohnedies der Fall ist. Liegen also bei einer grösseren Zahl von Entwickelungsreihen solche vor, die bei sehr weit auseinander liegenden Temperaturen gewonnen sind, so ist es unter Umständen von Vortheil, wenn man die extremsten Werthe bei der Berechnung der Schwelle nicht berücksichtigt.

Einen guten Anhalt dafür, welche Entwickelungsreihen man bei der Berechnung der Schwelle nicht mit verwenden soll, geben die einzelnen Werthe, die für x aus der Kombination der verschiedenen Entwickelungsreihen folgen. Zeigen sämmtliche x, die sich durch Zusammenstellung einer Reihe mit den übrigen ergeben, eine mehr oder weniger grosse Abweichung vom Mittel nach einer Richtung hin, so ergiebt sich, dass bei der betreffenden Temperatur und der zugehörigen Inkubationsdauer auch bei jeder mittleren Schwelle ein Werth für die Tagesgrade herauskommen muss, der beträchtlich von dem für die anderen Temperaturen gewonnenen abweicht. Ein Beispiel möge dies erläutern.

Für *Gadus morrhua* hat Dannevig die Inkubationsdauer für 9 verschiedene Temperaturen angegeben. Es entspricht hierbei einer Temperatur von

— 1°, + 3°, 4°, 5°, 6°, 8°, 10°, 12°, 14° C

eine Inkubationsdauer von

42, 23, 20,5, 17,5, 15,5 12,75, 10,5, 9,7, 8,5 Tagen.

Die Tagesgrade über der Schwelle 0° zeigen hier ebenfalls eine kontinuirlich steigende Reihe:

— 42, + 69,0, 82,0, 87,5, 93,0, 102,0, 105,0, 116,0, 119,0.

Aus den 9 Serien ergeben sich 36 Werthe für x.

Bezeichnet man die einzelnen Serien der Reihe nach mit den Buchstaben *a* bis *i*, so berechnet sich beispielsweise aus der Kombination von *a* mit *b* der Werth von x_1 aus der Gleichung

$$(-1 + x_1)\,42 = (3 + x_1)\,23,$$

woraus $x_1 = 5{,}8$ folgt. Die Kombination *ac* ergiebt auf gleiche Weise für x_2 ebenfalls 5,8. So erhält man aus den einzelnen Kombinationen die folgenden zugehörigen Werthe von x:

ab	*ac*	*ad*	*ae*	*af*	*ag*	*ah*	*ai*	*bc*	*bd*	*be*	*bf*	*bg*	*bh*	*bi*	*cd*	*ce*	*cf*	*cg*	*ch*
5,8	5,8	5,3	5,1	4,9	4,7	4,9	4,8	5,2	3,4	3,2	3,2	2,9	3,5	3,4	1,8	2,2	2,6	2,3	3,1

ci	*de*	*df*	*dg*	*dh*	*di*	*ef*	*eg*	*eh*	*ei*	*fg*	*fh*	*fi*	*gh*	*gi*	*hi*
3,1	2,8	3,1	2,5	3,6	3,5	3,3	2,4	3,9	3,7	1,3	4,5	4,0	13,2	7,0	2,6.

Hieraus würde sich für x ein Mittel von 4,0 ergeben, und die Schwelle wäre auf — 4° C zu verlegen. Man sieht aber auf den ersten Blick, dass sämmtliche Kombinationen mit *a* sehr hohe Werthe von x zeigen, die ausnahmslos nicht unbeträchtlich über dem Mittel liegen. Scheidet man daher die Serie *a* aus, so findet sich eine Schwelle von — 3,6° C. Nun sind allerdings noch 2 abnorm hohe x bei den Kombinationen *gh* und *gi* vorhanden. Eine einfache Ausscheidung dieser beiden Kombinationen ist natürlich unzulässig, denn die übrigen Kombinationen mit *g* ergeben durchweg ziemlich niedrige Werthe. Eine Erklärung der starken Abweichung jener beiden x ist leicht zu finden. Die Tagesgrade über der Schwelle 0° für die Temperaturen 8°, 10°, 12° und 14° sind 102, 105, 116 und 119. Bei gleichen Temperaturintervallen müsste aber, auch über jeder beliebigen anderen Schwelle, die Reihe der Tagesgrade einigermassen stetig verlaufen, d. h. die Differenzen müssten stetig ab- oder zunehmen. Man kann also mit Bestimmtheit annehmen, dass, wenn auch die Temperaturen 8° und 14° sowie die zugehörigen Inkubationsdauern ziemlich genau bestimmt sind, bei den Serien für 10° und 12° die Angaben einen nicht allzu hohen Grad von Genauigkeit zeigen. Da sich aber die Abweichungen nach beiden Seiten hin vertheilen, so müssen sich die Fehler für die einzelnen Werthe von x bei der Bestimmung des Mittelwerthes bis zu einem gewissen Grade ausgleichen.

Aus den von Dannevig für *Gadus morrhua* angegebenen Inkubationsdauern bei bestimmten Temperaturen, die ja schon deshalb wie bei *Pleuronectes platessa* nicht ganz genau sein können, da sie auf ganze Grad C abgerundet sind, erhält man nach dem Obigen als wahrscheinlichste Schwelle **— 3,6° C,** und als Tagesgrade, unter Berücksichtigung dieser Schwelle

bei 3°,	4°,	5°,	6°,	8°,	10°,	12°,	14°
151,8	155,8	159,5	148,8	147,9	142,8	150,8	149,6,

woraus sich ein Mittel von 149,8 Tagesgraden ergiebt.

Berechnet man aus diesem Mittel, wie oben bei *Pleuronectes plattessa,* die mittleren Temperaturen unter der Voraussetzung, dass die Inkubationsdauer stets richtig bestimmt ist, so erhält man statt der angegebenen Temperaturen von

3°, 4°, 5°, 6°, 8°, 10°, 12°, 14°

die folgenden: 2,9° 3,7°, 5,0°, 6,1°, 8,1°, 10,7°, 11,9°, 14,0°.
Hier würde nur 10,7° für 10° bei der Abrundung auf ganze Grad C eine Abweichung von 1° ergeben, alle anderen würden übereinstimmen. Dass es gerade der Werth von 10° ist, der einer grösseren Korrektion bedarf, ist, wie mir scheint, ein Beweis für die Zuverlässigkeit der angewandten Methode, denn er gehört der Reihe *g* an, welche die beiden abnorm hohen *x* enthielt, und deren Tagesgrade über der Schwelle 0° die Stetigkeit in der Reihe der Tagesgrade auffällig unterbrach. Für — 1° C, welches bei der Berechnung der Schwelle unberücksichtigt bleiben musste, und für das als Inkubationsdauer 42 Tage angegeben sind, würde ein Werth von 0,0° einzusetzen sein.

Die Abweichungen in der Zeit unter der Voraussetzung richtiger Temperaturbestimmung ersieht man aus folgender Zusammenstellung. Statt

23, 20,5, 17,5, 15,5, 12,75, 10,5, 9,7, 8,5 Tagen

würden 22,6, 19,7, 17,4, 15,6, 12,9, 11,0, 9,6, 8,5

folgen, worin sich ebenfalls nur unbedeutende Abweichungen bemerkbar machen. Nur für 42 Tage bei einer Durchschnittstemperatur von — 1° C würden sich 57,6 Tage ergeben, woraus wohl mit Sicherheit geschlossen werden darf, dass die Veranlassung zu diesem abweichenden Ergebniss nicht in einem stärkeren Beobachtungsfehler, sondern in dem Umstande zu suchen ist, dass bei einer Temperatur von — 1° C die Entwickelung von *Gadus morrhua* keine normale mehr ist.

Für *Gadus morrhua* liegt noch eine andere Reihe von Bestimmungen der Inkubationsdauer, und zwar bei 7 verschiedenen Temperaturen, vor. Diese Beobachtungen von Earll[1]) können als Kontrole zu den obigen Berechnungen dienen. Die Temperaturen sind in diesem Falle in Grad Fahrenheit angegeben. Für die Berechnung der Tagesgrade ist es natürlich gleichgiltig, ob man, immer über der gleichen Schwelle, die Centesimalskala, die Réaumur'sche oder die nach Fahrenheit verwendet; die erhaltenen Werthe sind dann nicht identisch, lassen sich aber durch die bekannten Koëfficienten direkt in einander überführen. In dem vorliegenden Beispiel ist es vorzuziehen, die Rechnung zunächst in Fahrenheit auszuführen, und erst das Endresultat in Grad C umzurechnen, da sich so die Fehler bei der Abrundung auf 0,1° C während der Berechnung nicht geltend machen.

Earll führt folgende Zahlen an:

Bei 31°, 33°, 34°, 36°, 38°, 41°, 45° F

beträgt die Inkubationsdauer

50, 34, 31, 24, 20, 16, 13 Tage.

Wählt man als Schwelle für die Bestimmung der Tagesgrade 0° F, was eben so willkürlich ist als 0° C, so erhält man für die oben angegebenen Temperaturen der Reihe nach die folgenden Tagesgrade:

1550 1122 1054 864 760 656 585.

Die Tagesgrade bilden hier eine fallende Reihe. Daraus folgt, dass die Schwelle von 0° F zu niedrig ist, ein Ergebniss, das natürlich von vornherein erwartet werden musste. Die einzelnen

[1]) Report of the Commissioner. Part VI for 1878. Washington 1880. p. 724.

Werthe von x müssen hiernach negativ ausfallen. Werden die einzelnen Serien wieder der Reihe nach mit a bis g bezeichnet, so erhält man für x die folgenden 21 Zahlen;

ab	*ac*	*ad*	*ae*	*af*	*ag*	*bc*	*bd*	*be*	*bf*	*bg*
— 26,8	— 26,1	— 26,4	— 26,3	— 26,3	— 26,1	— 26,0	— 25,8	— 25,9	— 25,9,	— 25,6

cd	*ce*	*cf*	*cg*	*de*	*df*	*dg*	*ef*	*eg*	*fg*
— 27,1	— 26,7	— 26,5	— 26,0	— 26,0	— 26,0	— 23,5	— 26,0	—25,0	— 23,7

Das Mittel aus diesen Werthen ist — 25,9, die Schwelle ist also auf + 25,9° F zu verlegen, was einer Temperatur von — **3,4°** C entspricht.

Aus den Dannevig'schen Zahlen hatte sich eine Schwelle von — 3,6° C ergeben, die Uebereinstimmung ist also eine sehr gute. Die Differenz von 0,2° C kann sehr wohl auf der Verwendung zweier verschiedener Thermometer beruhen. Es hat überhaupt immer etwas missliches, die Untersuchungen verschiedener Beobachter in eine Reihe zu bringen. Die Abweichungen der verschiedenen Thermometer sind gelegentlich sehr gross, und Differenzen bis zu $^1/_2$° C sind, besonders bei sogenannten Badethermometern, wie sie ja von praktischen Fischzüchtern häufig verwendet werden, nichts seltenes. Innerhalb geringerer Grenzen (etwa 0,1° C) gilt dies sogar auch für die Normalthermometer der verschiedenen Nationen, da die Ausdehnung der als „Normalglas" bezeichneten Sorten oftmals recht verschieden ist und, was am störendsten wirkt, sich keineswegs der Temperatur proportional ändert. Jedenfalls müssen von den beiden angezogenen Beispielen die Beobachtungen von Earll als die genaueren angesehen werden, denn die Abrundung auf ganze Grad Fahrenheit lässt eine fast doppelt so grosse Genauigkeit zu, als die auf Grade der Centesimalskala; ausserdem zeigen die einzelnen Werthe von x nur verhältnissmässig geringe Abweichungen von einander.

In Centesimalgrade umgewandelt erhält man aus den Earll'schen Zahlen, unter Berücksichtigung der Schwelle von — 3,4° C, die folgende Zuordnung:

Bei	— 0,6	+ 0,6	1,1	2,2	3,3	5,0	7,2° C ist die Inkubationsdauer
	50	34	31	24	20	16	13 Tage,

und die Tagesgrade betragen

140,0 136,0 139,5 134,4 134,0 134,4 137,8,

woraus sich ein Mittel von 136,6 Tagesgraden ergiebt, während sich dasselbe bei Dannevig zu 149,8 berechnete. Diese beträchtliche Abweichung ist zum kleineren Theile auf die etwas niedrigere Schwelle bei Dannevig zurückzuführen; die Hauptursache liegt vielmehr darin, dass Dannevig durchgehends (mit Ausnahme der Temperatur von — 1° C) grössere Inkubationsdauern angiebt als Earll. Wenn man nicht annehmen will, dass die von Dannevig angewandten Thermometer über 0,5° C mehr gezeigt haben, könnte die Ursache auch darin vermuthet werden, dass die Bestimmung des Tagesmittels von beiden Beobachtern in verschiedener Weise ausgeführt worden ist, und zwar so, dass von Dannevig, vielleicht bei grösserer täglicher Schwankung in der Temperatur, die Minima nicht genügend berücksichtigt worden sind. Aber es liegt auch die Möglichkeit vor, dass die von Dannevig zu seinen Untersuchungen verwandten Eier im

Mittel einen etwas grösseren Durchmesser gehabt haben, als die, welche Earll zur Verfügung standen. Hierauf soll weiter unten nochmals zurückgekommen werden.

Die praktische Bedeutung der Konstanz der Tagesgrade wird von denen, die sich mit der Aufzucht von Süsswasserfischen beschäftigen, schon genügend gewürdigt. So wird z. B. der Zeitpunkt, an welchem angebrütete Fischeier am besten zu versenden sind, wenn sie in einem Wasser von bekannter Temperatur zu einer bestimmten Zeit ausschlüpfen sollen, durch Berechnung nach Tagesgraden bestimmt. In Bezug auf Seefische führt Heincke aus, dass man, die Konstanz der Tagesgrade für jede Fischspecies vorausgesetzt, auch die Dauer der Entwickelung der Eier in den verschiedenen Meerestheilen und zu den verschiedenen Jahreszeiten berechnen kann, wenn die mittlere Wassertemperatur für diese Zeit bekannt ist.

Man kann hierin aber noch weiter gehen. Die einzelnen Stadien der Entwickelung sind besonders bei denjenigen Arten, die keine allzu grosse Inkubationsdauer zeigen, oft schon nach kurzen Zwischenräumen deutlich von einander zu unterscheiden. Es kann nun unter Umständen von Werth sein, zu bestimmen, wann Eier, die man auf hoher See treibend angetroffen hat, abgelegt worden sind. Zu diesem Zweck ist es nothwendig, die aufgefischten Eier mit solchen vergleichen zu können, bei denen die Tagesgrade für die betreffenden Stadien mit einiger Genauigkeit festgestellt worden sind. Wenn dann auch die Temperatur in dem in Frage kommenden Meerestheile für die vorausgegangenen Tage bekannt ist, so bietet die Bestimmung des Zeitpunktes der Eiablage, eventuell auch die Festsetzung der Dauer des Laichgeschäftes für die betreffende Gegend, keine Schwierigkeit. Für *Pleuronectes platessa* ist auf Tafel VI eine Reihe von Photographieen der einzelnen Entwickelungsstadien dargestellt. Die Entwickelung geschah bei einer durchschnittlichen Temperatur von 4,8° C. Als Schwelle ist die aus Dannevig's Beobachtungen sich ergebende Temperatur von — 2,4° C angenommen; die Tagesgrade bis zum Ausschlüpfen betragen hiernach 150,6. Die unter den einzelnen Abbildungen stehenden Zahlen bezeichnen die Tagesgrade, die dem Ei zugeführt werden mussten, um das betreffende Stadium zu erzielen. Bei diesem Versuch waren bis zum Abend des 21. Tages erst wenige Larven ausgekrochen, während im Laufe des 22. Tages die Mehrzahl ihre Hüllen verlassen hatte, was mit den Dannevig'schen Angaben genau übereinstimmt, da am Ende des 21. Tages die Tagesgrade eine Höhe von 147,7 erreicht hatten, am 22. auf 155,9 gestiegen waren.

Aus der folgenden Tabelle, welche die beobachteten Mitteltemperaturen und die hieraus berechneten Tagesgrade für die auf der Tafel abgebildeten Eier enthält, kann die Dauer der Entwickelung der einzelnen Stadien für jede beliebige Mitteltemperatur bestimmt werden. Steht das zu untersuchende Ei z. B. zwischen den Stadien 80,8 und 87,5 der Tafel, so sind bis dahin etwa 84 Tagesgrade erforderlich gewesen. Bei einer mittleren Temperatur von 3° C muss wegen der Schwelle von — 2,4° diese Zahl durch 5,4 getheilt werden, was für die Entwickelung von der Befruchtung an einen Zeitraum von etwa 15,6 Tagen ergiebt.

Zahl der Tage:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Tagesmittel:	5,0	4,4	4,2	4,5	4,6	4,6	4,6	4,6
Tagesgrade:	7,4	14,2	20,8	27,7	34,7	41,7	48,7	55,7

Zahl der Tage:	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
Tagesmittel:	4,3	4,2	4,2	2,8	4,3	4,4	4,8	5,2
Tagesgrade:	62,4	69,0	75,6	80,8	87,5	94,3	101,5	109,1
Zahl der Tage:	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.
Tagesmittel:	4,7	5,3	5,6	5,5	5,5	5,8	6,0	5,9
Tagesgrade:	116,2	123,9	131,9	139,8	147,7	155,9	164,3	172,6

Die Ursachen dafür, dass der Werth der Tagesgrade innerhalb gewisser Grenzen schwankt, liegt einmal in der Ungenauigkeit der angewandten Beobachtungsmethoden und dann in bestimmten Eigenschaften der Eier selbst.

Eine genaue Bestimmung der Mitteltemperatur bietet jedenfalls nicht unbeträchtliche Schwierigkeiten. Am sichersten würde ja die Anwendung eines registrirenden Thermometers zum Ziele führen. Ein solcher Apparat, der übrigens mit der grössten Genauigkeit gearbeitet sein muss, wenn er zuverlässig funktioniren soll, wird aber nur in den seltensten Fällen zur Verfügung stehen. Man wird sich deshalb wohl meist damit begnügen, die Temperatur einige Male täglich mit einem genau geprüften Quecksilberthermometer festzustellen. Bei denjenigen Eiern, die zu ihrer Entwickelung nothwendig fliessendes Wasser gebrauchen, ist es bei der Anwendung dieser Methode freilich recht schwierig, annähernd richtige Mittelwerthe zu erhalten. Das Maximum bez. das Minimum braucht durchaus nicht immer auf dieselbe Tageszeit zu fallen. Es kann ja beispielsweise das Wasser nur aus einem ganz flachen, ein paar Kilometer durch Wiesen ziehenden Bach entnommen werden. Dann wird die Zeit des Temperaturmaximum in hohem Grade von der Bewölkung beeinflusst. Scheint die Sonne am Vormittag und ist der Himmel am Nachmittag bewölkt, so muss das Maximum eher eintreten, als wenn das Umgekehrte der Fall ist. Auch ein warmer Regen kann leicht verändernd auf den regulären Verlauf der Temperatur einwirken. Da bei einigermassen genauen Beobachtungen die Temperatur aber möglichst immer zu denselben Tageszeiten bestimmt wird, so muss man in diesem Falle sehr häufig und regelmässig ablesen, auch in den Nachtstunden, damit alle Aenderungen genau registrirt werden können. Diese Schwierigkeiten bieten sich aber nur bei einigen Süsswasser-Laichern, wie z. B. bei den Salmoniden. Die Eier von Fischen, die im Meere ihren Laich absetzen, lassen sich meist in abgeschlossenen nicht allzu grossen Gefässen zur Entwickelung bringen, und in diesem Falle macht es auch nur geringe Schwierigkeiten, eine möglichst konstante Temperatur, deren Maximum und Minimum sich ausserdem im Laufe des Tages kaum verschiebt, zu erreichen. Zu diesem Zweck lässt man vortheilhaft das zu Brutzwecken dienende Gefäss von Wasser umfliessen, das nur geringen Temperaturschwankungen ausgesetzt ist. Natürlich muss dafür gesorgt werden, dass auch der Raum, in dem die Beobachtungen angestellt werden, gleichmässig temperirt ist und dass er zum mindesten nicht dem direkten Sonnenlicht ausgesetzt ist. Im physiologischen Institut der Kieler Universität wird zur Umspülung Leitungswasser verwendet, das gerade in den hauptsächlich in Frage kommenden Monaten Januar bis März eine recht gleichmässige Temperatur zeigt, die im Laufe von 24 Stunden selten um mehr als 0,2° C schwankt. Die niedrigste Temperatur ist am Vormittag, und erst am Nachmittag gegen 5 oder

6 Uhr tritt in der Regel ein schwaches Maximum auf. Unter solchen Umständen kann man sich mit 2 Ablesungen am Tage begnügen.

Wie kommt es nun, dass aus Eiern, die von einem Weibchen stammen, gleichzeitig mit dem Samen eines Männchens befruchtet und in ein und demselben Gefäss, also unter möglichst gleichartigen Bedingungen, zur Entwicklung gebracht worden sind, die jungen Fische nicht alle zur gleichen Zeit ausschlüpfen? Dannevig hat beispielsweise angegeben, dass bei *Pleuronectes platessa* sich bei einer mittleren Temperatur von 10° das Ausschlüpfen auf 4 Tage vertheilte: am 11. Tage kamen 9 Fischchen heraus, am 12. 29, am 13. 10 und am 14. noch 2. Hiernach muss man die mittlere Zeit des Ausschlüpfens ungefähr auf den Mittag des 12. Tages verlegen. Ich habe bei derselben Art ganz ähnliche Erfahrungen gemacht. Allerdings habe ich die Zahl der ausschlüpfenden Fischchen nicht festgestellt, da in dem Brutgefäss viele hunderte von Eiern waren. Jedenfalls verliess die bei weitem grösste Zahl aller Fischchen die Eier innerhalb eines Tages, aber schon 2 Tage vorher wie noch 2 Tage hinterher konnte das Ausschlüpfen einzelner Embryonen festgestellt werden. Die mittlere Temperatur betrug bei diesem Versuch, wie oben angegeben, 4,8° C, die Inkubationsdauer 22 Tage.

Das Ausschlüpfen kommt in der Weise zu Stande, dass das Fischchen im Eie zunächst schwächere und allmählich immer stärkere Bewegungen macht. Durch diese Bewegungen wird ein wechselnder Druck auf die Eihaut ausgeübt, bis dieselbe zum Platzen kommt. Nun konnte ich folgende Beobachtung machen. Die ersten Fischchen, die auskrochen, zeigten nur ganz schwache Bewegungen; sie machten in der Regel nur ein paar kräftige, zuckende Bewegungen, die jedenfalls dadurch hervorgerufen wurden, dass der Streckung des Körpers kein Hinderniss mehr entgegengesetzt wurde. Dann sanken sie sehr bald zu Boden, wo sie auf der Seite liegen blieben. An den anderen Eiern, aus denen die Jungen erst später ausschlüpften, war kein Unterschied im Verhalten der Embryonen wahrzunehmen. Die Fischchen machten in längeren Zwischenräumen ebenfalls schwache Bewegungen, aber zum Auskriechen kamen sie nicht. Erst als nach ein oder zwei Tagen kräftigere Bewegungen eintraten, schlüpften auch diese jungen Fischchen aus ihren Eiern und es geschah dies, wie oben bemerkt, bei den meisten Larven ziemlich zu der gleichen Zeit. Mittlerweile hatte nun auch die Brut, die ein oder zwei Tage früher das Ei verlassen hatte, eine grössere Beweglichkeit angenommen, und es war nun kein Unterschied mehr zwischen den früher und später ausgeschlüpften Larven wahrzunehmen. Die wenigen Fischchen, die zu dieser Zeit noch in den Eiern zurückgeblieben waren, machten zwar durch intensive Bewegungen entschiedene Anstrengungen, die Freiheit zu gewinnen, doch gelang dies eben erst nach Verlauf von weiteren 2 Tagen, während andere überhaupt nicht im Stande waren, ihre Hüllen zu sprengen und im Ei abstarben.

Es liegt nun auf der Hand, dass es sich bei diesen weiten Schwankungen in der Inkubationsdauer hauptsächlich um eine verschiedene Widerstandsfähigkeit der Eihaut handelt. Diese Widerstandsfähigkeit ist bei der Mehrzahl der Eier die gleiche, und zwar ist dieselbe so abgestimmt, dass zu der Zeit, wenn die Fischchen denjenigen Grad von Beweglichkeit erlangt haben, bei dem sie sich selbstständig im Wasser bewegen können, die Hülle gesprengt werden kann. Dass es keinen ersichtlichen Schaden für die junge Brut macht, ob sie etwas früher

oder später ausschlüpft, hängt jedenfalls damit zusammen, dass die Fischchen meist noch längere Zeit nach dem Ausschlüpfen keine Nahrung zu sich nehmen. Erst kurz ehe die Dotterblase vollständig resorbirt ist, beginnen die Jungen, sich selbstständig ihre Beute zu suchen. In der Freiheit sind vielleicht die zeitiger ausgekommenen Larven ihren Geschwistern gegenüber im Nachtheil; denn sie werden, wenn sie auf dem Boden liegen, leichter zur Beute von Feinden werden, die den Grund beständig nach Nahrung absuchen. Besonders in der Nähe der Küste sind solche Thiere oftmals häufiger als die, welche als Nahrung schwimmende Organismen von der Grösse von Fischlarven zu sich nehmen.

Nun ist aber noch ein anderer Grund vorhanden, der ein ungleichzeitiges Ausschlüpfen veranlassen muss. Es ist eine bekannte Thatsache, dass die Inkubationsdauer um so länger ist, je grösser das Ei ist, vorausgesetzt natürlich, dass die Brut bei ungefähr der gleichen Entwickelungsstufe ausschlüpft. Der Durchmesser der Eier ist aber auch bei ein- und derselben Art oftmals sehr schwankend, wie dies unter anderen Hensen und Apstein [1]) und in noch weiterem Umfange Heincke und Ehrenbaum [2]) hervorgehoben haben. Diese letzteren geben für 200 pelagisch gefischte Eier von *Pleuronectes platessa* die Variationsbreite des Durchmessers von 1,7 bis 2,1 mm an. Bei 100 auf künstlichem Wege befruchteten Eiern eines Weibchens ist der Unterschied im Durchmesser nicht so gross, immerhin schwankt er von 1,7 bis 1,9 mm.

Ein solcher Unterschied kann nicht ohne Einwirkung auf die Dauer der Entwickelung bleiben. Denn die Oberfläche nimmt nur im Quadrat, das Volumen dagegen in der 3. Potenz des wachsenden Durchmessers zu. Durch die Eihaut nimmt aber das Ei ununterbrochen den zur Entwickelung nötigen Sauerstoff zu sich und es werden durch dieselbe auch die hauptsächlichsten Zersetzungsprodukte des Stoffwechsels ausgeschieden. Während das Volumen bei dem zuletzt angeführten Beispiel bei dem Ei mit grösserem Durchmesser etwa um das 1,4fache grösser ist, beträgt die Oberfläche nur das 1,25fache von der des kleineren Eies. Das grössere Ei ist also in Betreff der Aufnahme von Sauerstoff nicht so günstig gestellt wie das kleinere und gebraucht daher zu seiner Entwickelung auch eine längere Zeit.

Wenn ich im Vorstehenden an einzelnen Beispielen den Nachweis zu erbringen versucht habe, dass über einer für jede Art besonders zu bestimmenden Schwelle das Produkt aus mittlerer Temperatur und Inkubationsdauer eine gewisse Konstanz zeigt, die natürlich innerhalb der durch individuelle Verschiedenheiten bedingten Grenzen schwankt, so erübrigt noch zu untersuchen, welche Bedeutung der Konstanz dieses Produktes zukommen könnte, und wie die Verschiedenheit der Schwelle bei den einzelnen Arten vielleicht zu erklären wäre.

Bei der Konstanz der Tagesgrade liegt der Gedanke nahe, dass es sich hier um eine ganz bestimmte Wärmemenge handelt, die nöthig ist, um die Entwickelung des Embryo vom befruchteten Keim an bis zum Ausschlüpfen zu ermöglichen. Die Schwelle wäre dann als diejenige Temperatur zu betrachten, unter welcher eine Entwickelung des betreffenden Eies nicht mehr stattfinden könnte, während bei der geringsten Steigerung der Temperatur über die Schwelle hinaus die Entwickelung vorwärts schreiten müsste. Handelt es sich wirklich um die

[1]) Die Nordsee-Expedition 1895. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. Neue Folge. Bd. II. H. 2. 1897.
[2]) Eier und Larven von Fischen der Deutschen Bucht. Wissensch. Meeresuntersuchungen. Bd. III. Abthl. Helgoland. 1900.

Zufuhr einer bestimmten Wärmemenge, so muss freilich berücksichtigt werden, dass nach keiner der 3 gebräuchlichen Thermometerskalen die zugeführte oder entzogene Wärmemenge dem Steigen oder Sinken der Temperatur proportional verläuft. Die Skala nach Dalton erfüllt diese Anforderung[1]); denn bei derselben sind die einzelnen Grade nicht der Ausdruck für eine Volumenänderung (eines vollkommenen Gases) in arithmetischer Reihe von einem bestimmten Null-Volumen aus, sondern sie geben die Zunahme in geometrischer Progression wieder, so-dass alle einzelnen Grade denselben Werth haben. Hieraus folgt auch, dass von jeder beliebigen Schwelle aus die Temperaturen, natürlich wenn sie eine bestimmte Zeit auf eine bestimmte Masse gewirkt haben, in Dalton'schen Graden über dieser Schwelle die zugeführte Wärmemenge zur Darstellung bringen.

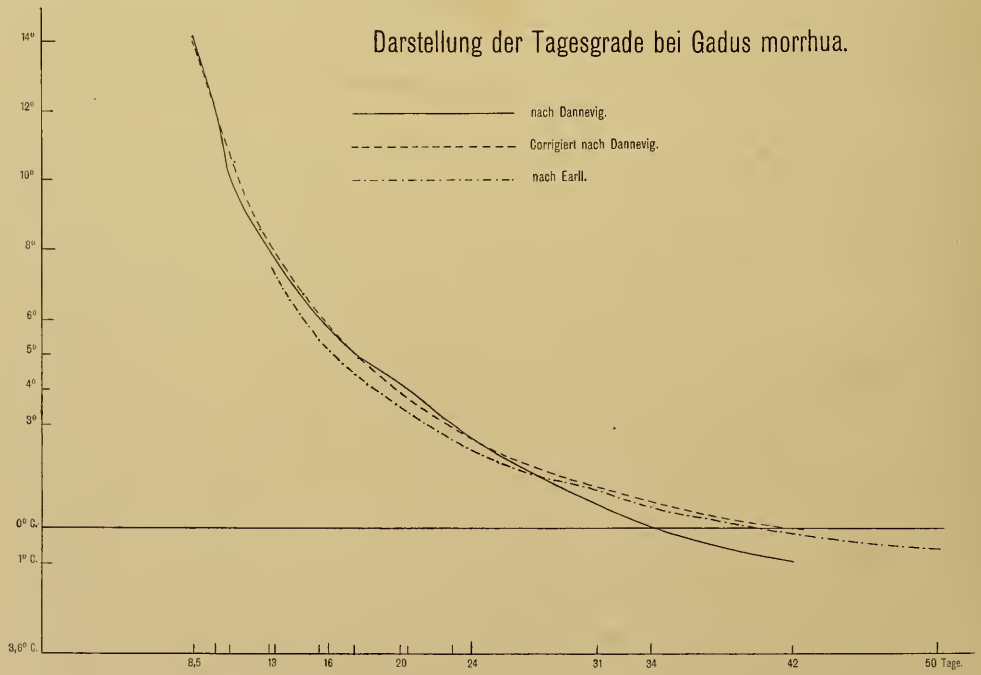
Praktisch ist dies hier freilich ohne Bedeutung. Denn bei den für die Entwickelung von Fischeiern in Frage kommenden Temperaturen sind die Grade der Centesimalskala nur wenig von den Dalton'schen verschieden, und die Bestimmung der Mitteltemperatur ist in unserem Falle schon so unsicher, dass die Umrechnung nur einen Grad von Genauigkeit vortäuschen würde, der wegen der Mangelhaftigkeit der Beobachtungen überhaupt nicht zu erreichen ist. Und dann muss man auch bedenken, dass bei Vorgängen in der organisirten Natur wohl bestimmte Gesetze vorliegen, dass dieselben aber schon wegen der individuellen Schwankungen in einer mathematischen Formel, die keinerlei Abweichung zulässt, einen nur angenäherten Ausdruck finden können.

Stellt man die Tagesgrade graphisch dar, indem man in einem rechtwinkligen Koordinaten-System auf der Abscissen-Achse die Zahl der Tage, auf der Ordinaten-Achse die Grade der hunderttheiligen Skala aufträgt, so erhält man unter Annahme absoluter Konstanz des Produktes eine Hyperbel, deren rechtwinklige Assymptoten durch die y-Achse und diejenige Gerade, welche der Temperatur der Schwelle entspricht, dargestellt werden. Alle Punkte dieser Hyperbel genügen der Voraussetzung der Konstanz der Tagesgrade; für das lebende Ei kommt aber natürlich nur ein ganz kurzer Abschnitt der Kurve in Betracht. Zunächst sind diejenigen Temperaturen von vornherein auszuschliessen, bei denen einerseits das Wasser, in dem sich die Eier entwickeln, gefriert, andrerseits das Plasma des Eies wegen zu grosser Wärme abstirbt. Die untere dieser Temperaturgrenzen ist hauptsächlich vom Salzgehalt, die obere von irgend welchen unbekannten, aber für die einzelne Art charakteristischen Eigenschaften des Plasmas abhängig. Aber die Beschränkung in der Giltigkeit der Kurve muss noch weiter gehen, indem auch die Temperaturen auszuschliessen sind, bei denen keine normale Entwickelung mehr stattfindet. Im allgemeinen verläuft nämlich die Entwickelung bei relativ hohen wie niederen Temperaturen insofern nicht mehr regelmässig, als eine grosse Zahl der Eier frühzeitig abstirbt, nachdem schon einige Zeit vor'm Absterben sich Abweichungen gezeigt haben, die bei der Entwickelung unter mittleren Temperaturen nicht oder nur ganz vereinzelt beobachtet werden. Solche Abweichungen können verschiedener Art sein. Bei *Pleuronectes platessa* kommt es beispielsweise sehr häufig vor, dass bei sonst ganz regelmässiger Ausbildung eines Stadiums die Dotterhaut an irgend einer

[1]) Vgl. hierzu: K Schreber, Die absolute Temperatur. Mittheilungen aus dem naturwissensch. Verein in Greifswald. 29. Jahrg. 1897.

Stelle eine Einbuchtung erhält. Um die hierbei entstehende Falte sammelt sich dann sehr bald eine trübe aussehende Masse, sodass die zur ungestörten Entwickelung nothwendige Lage des Eies hierdurch eine Aenderung erfährt und der Keimstreifen, anstatt in den unteren Abschnitt des schwimmenden Eies, auf die Seite oder nach oben zu liegen kommt. Auch Oeltröpfchen, die leicht an der Stelle sich bilden, wo die Embryonalanlage mit dem Dottersack in Verbindung steht, können wegen ihres geringen spezifischen Gewichtes eine ungünstige Veränderung der Gleichgewichtslage hervorrufen. Hier ist aber jedenfalls die Bildung der Oeltröpfchen allein schon ein Zeichen für den Eintritt einer abnormen Entwickelung.

Da in der Freiheit das Laichgeschäft doch in der Regel nur zu solchen Zeiten vor sich geht, denen eine für die Entwickelung günstige Temperatur folgt, so werden Misbildungen, die auf den Einfluss der Temperatur zurückzuführen sind, hierbei kaum vorkommen. Findet bei ungünstiger Temperatur doch eine Entwickelung einzelner Eier statt, wie das beim Experiment mit künstlich befruchteten Eiern im Aquarium ja bisweilen geschieht, so wird die für die Tagesgrade sich ergebende Kurve an diesen Punkten mehr oder weniger weit von derjenigen abweichen, die die Konstanz der Tagesgrade zum Ausdruck bringt. Die nachstehende Figur enthält die



Kurven, welche nach den Angaben von Dannevig und von Earll für die Tagesgrade bei *Gadus morrhua* sich ergeben. Ausserdem ist die Hyperbel eingezeichnet, die sich als Mittel

aus der Dannevig'schen Kurve darstellt. Das Stück der Dannevig'schen Kurve zwischen der Inkubationsdauer von 23 und 42 Tagen weicht hier bedeutend ab. Zwischen diesen beiden Inkubationsdauern liegen aber von diesem Beobachter keine weiteren vor, und es ist oben schon gezeigt worden, dass die Entwickelung bei — 1° C, für welche Dannevig eine Dauer von 42 Tagen festgestellt hat, so grosse Abweichungen erkennen lässt, dass die Temperatur von — 1° C für die Erkenntniss von Beziehungen zwischen Temperatur und Entwickelungsdauer besser unberücksichtigt bleibt. Earll hat bei — 0,6° C (31° F) noch eine Inkubationsdauer von 50 Tagen gefunden, und seine Kurve passt sich sehr gut an die aus den übrigen Dannevig'schen Werthen abgeleitete Hyperbel an. Der Verlauf dieser Kurve spricht auch dafür, dass der Durchmesser der Eier, deren Entwickelung Earll beobachtet hat, kleiner gewesen ist als derjenige bei den von Dannevig untersuchten.

Was den grossen Unterschied in den Schwellenwerthen für die einzelnen Arten anlangt, so muss zunächst darauf hingewiesen werden, dass bei den Süsswasserlaichern, speziell bei den Salmoniden, die Schwelle immer ziemlich genau auf 0° C fällt. Hieraus erklärt sich auch, warum bei der Züchtung von Süsswasserfischen zuerst die Entdeckung gemacht worden ist, dass die Tagesgrade eine gewisse Konstanz zeigen. Hier brauchte eben keine besondere Schwelle gesucht zu werden, die „Wärmesumme" konnte daher als absolutes Maass für die in Form von Wärme zugeführte Energie angesehen werden. Rechnet man allerdings in den zahlreichen über die Entwickelung von Lachs und Forelle vorhandenen Tabellen, welche den Einfluss der Temperatur auf die Dauer der Entwickelung darstellen, nach der angegebenen Methode die Tagesgrade aus, so weichen fast stets die erhaltenen Zahlen bei den niedersten wie bei den höchsten Temperaturen vom Mittelwerth nicht unerheblich ab. Man findet aber neben den einzelnen Angaben häufig die Bemerkung, dass bei diesen Temperaturen nur ein relativ geringer Prozentsatz der Larven zum Ausschlüpfen kommt. Herr Giesecke, Geschäftsführer der Landwirthschaftskammer Hannover, theilt mir auf eine Anfrage über seine diesbezüglichen Beobachtungen an Salmonidenbrut mit, dass er einen ungünstigen Einfluss auf die Entwickelung schon dann wahrgenommen habe, wenn die Temperatur unter 1° R gesunken war, und er bezeichnet als normales Brutwasser für Lachseier solches von einer Temperatur von 1° bis 6° R. Wenn in den Tabellen das Temperaturmittel zu 2° R angegeben ist, so wird man bei der sehr langen Entwickelungsdauer der grossen Salmonideneier (Lachseier entwickeln sich bei 2° R in etwa 210 Tagen) mit Bestimmtheit annehmen müssen, dass die Temperatur bei dem betreffenden Versuch öfters bez. längere Zeit weniger als 1° R betragen hat. Andrerseits erwähnt Giesecke, dass die Fischchen, wenn sie bei 8° bis 10° R ausgebrütet sind, sehr matt sind, und dass Krüppelbildung bei ihnen die Regel ist. Für die allerdings ziemlich enge Grenze von 2° C bis etwa 9° C sind die Tagesgrade über der Schwelle von 0° C bei den einzelnen Salmonidenarten jedenfalls sehr konstant.

Für *Pleuronectes flesus,* die Flunder, berechnet sich aus 4 Beobachtungsreihen von Dannevig die Schwelle zu — 1,6° C. Die Inkubationsdauer ist hier eine sehr kurze, bei 6,3° C beträgt sie 6,5 Tage, bei 12,2° C 3,7 Tage. Der Grund hierfür ist ein zweifacher. Einmal sind die Eier der Flunder ziemlich klein, im Durchmesser etwa 1 mm, und dann schlüpfen die jungen Fischchen in einem sehr frühen Stadium aus. Heincke und Ehrenbaum

erhalten im Gegensatz zu Dannevig verhältnissmässig hohe Werthe für die Inkubationsdauer, nämlich bei 5,5° C 10 Tage, bei 13,5° C noch 4 Tage. Für die Temperatur von 5,5° ist angegeben, dass das Tagesmittel aus je 3 Ablesungen, und zwar um 9h. a, 12 h. m und 6 h. p gewonnen ist, und es wird hervorgehoben, dass dieses Tagesmittel in Folge der 3 maligen Ablesung zuverlässiger sei als für die anderen 3 Beobachtungsreihen. Die Nachttemperaturen sind hierbei also garnicht berücksichtigt, ohne dass angegeben ist, dass das Minimum durch die Ablesung von 9 h. a noch mit zur Geltung komme. Auf jeden Fall muss angenommen werden, dass die höheren Temperaturen durch die 2 Ablesungen um 12 h. m und 6 h. p stärker berücksichtigt sind, als die niederen, woraus sich vielleicht die grosse Abweichung von den Dannevig'schen Zahlen erklären lässt. Die Angaben von Heincke und Ehrenbaum erscheinen deshalb für die Festsetzung der Schwelle wenig geeignet. Ausserdem verläuft hier die Reihe der Tagesgrade ganz unregelmässig. Die 3 von den Autoren selbst in Bezug auf Genauigkeit nicht so hoch bewertheten Versuche mit höheren Temperaturen ergeben z. B. bei allen 3 Kombinationen eine ganz identische Schwelle von je + 1,9° C, während unter Hinzuziehung der 4. Serie die Schwelle auf + 0,7° C herabgedrückt wird. Jedenfalls ist aus den Angaben beider Beobachtungen zu ersehen, dass die Schwelle ziemlich hoch liegt. Wegen der Uebereinstimmung, die sich aus den Beobachtungen von Earll und von Dannevig für die Schwelle bei *Gadus morrhua* ergeben hat, muss ich annehmen, dass für *Pleuronectes flesus* die Angaben von Dannevig der Wirklichkeit näher kommen, als die von Heincke und Ehrenbaum, und dass daher die Schwelle für diese Art zunächst auf — 1,6° C zu verlegen ist.

Für *Pleuronectes platessa* ist die Schwelle oben zu — 2,4° C bestimmt worden; nach der Annahme, dass bei der Temperatur direkt über der Schwelle schon eine Entwickelung stattfinden muss, wenn nicht ein mechanisches Hinderniss, wie das Gefrieren des Wassers, vorliegt, müsste es auch in hohem Masse wahrscheinlich sein, dass ein bei etwa — 2,4° C eingefrorenes Schollenei nicht abstirbt. Vereinzelt habe ich nun die Bemerkung gefunden, dass Fischeier absterben, wenn sie einmal eingefroren waren; über eine gegentheilige Beobachtung ist mir aber nichts bekannt geworden. Durch einen Zufall habe ich nun selbst konstatiren können, dass ein Einfrieren der Eier von *Pl. platessa* die Weiterentwickelung derselben unter Umständen nicht gefährdet. Bei einer Fahrt im Januar 1901 fischten wir in der Kieler Bucht mit dem Vertikalnetz eine ganze Anzahl Schollen-Eier. Die Lufttemperatur war sehr niedrig, — 10° C, sodass in dem Gefäss, in dem der Fang aufbewahrt war, das Wasser bald völlig gefror. Nach dem Aufthauen im Institut konnte festgestellt werden, dass die Stadien in der Entwickelung verschieden weit fortgeschritten waren. Während bei einzelnen erst 16 oder 32 Zellen gebildet waren, liessen andere schon die Augenlinsen und seitlichen Flossen des Embryo erkennen. Jedenfalls entwickelten sich sämmtliche Eier ganz normal, und es kamen die Larven auch fast alle zum Ausschlüpfen. Leider habe ich es unterlassen zu bestimmen, wie tief die Temperatur in dem Gefäss gesunken war und ob sie weniger als — 2,4° C betragen hat. Aus dieser Beobachtung geht aber doch hervor, dass das Einfrieren von Schollen-Eiern ohne Schädigung ertragen werden kann; bis zu welcher Temperatur, muss zunächst eine offene Frage bleiben.

Die Schwelle bei *Gadus morrhua* stellt sich noch viel niedriger als bei *Pleuronectes platessa,* nämlich zu — 3,6° bez. — 3,4° C.

Es kann wohl kaum als Zufall angesehen werden, dass bei den Süsswasserfischen die Schwelle ungefähr bei 0° C liegt, während sie bei Seefischen unter diese Temperatur sinkt. *Pleuronectes flesus*, bei dem sich auch noch eine ziemlich hohe Schwelle findet (wahrscheinlich — 1,6° C), soll gelegentlich selbst im Brackwasser noch laichen; jedenfalls pflanzt sie sich in der Ostsee auch noch östlich von Rügen regelmässig fort, während dies für *Pl. platessa* nur für den stärker salzigen westlichen Theil festgestellt ist. Wie weit die Uebereinstimmung zwischen Schwelle und Gefrierpunkt des Wassers geht, in dem ein Fisch zu laichen pflegt, muss hier unerörtert bleiben, da die Grundlagen zu irgend welchen sicheren Schlüssen noch viel zu mangelhaft sind. Immerhin sei angedeutet, dass möglicherweise die Schwelle auch einen Anhalt dafür geben könnte, ob ein Hochseefisch von Formen abstammt, die selbst das freie Meer bewohnten, oder ob seine Vorfahren mehr in brackischem Wasser oder in schwachsalzigen Binnenmeeren, wie die Ostsee ein solches darstellt, gelebt haben.

Während des Druckes der vorliegenden Arbeit erschien ein Aufsatz von Wallich, „A method of recording egg development, for use of fish-culturists“ [1]), in der ältere Untersuchungen nicht erwähnt sind. Was der Verfasser als „temperature unit“ eingeführt hat, deckt sich völlig mit dem, was von früheren Autoren als „Wärmesumme“ bezeichnet wurde; auch die Art der Berechnung durch Addirung der einzelnen Tagesmittel stimmt mit den älteren Methoden genau überein. Werthvoll an der Arbeit ist die grosse Zahl von Untersuchungsreihen, auf Grund deren die Wärmesumme für „quinnat salmon“ (*Oncorhynchus tschawytscha* Walbaum) auf 900 (nach Fahrenheit), also auf 500 Tagesgrade nach der Centesimalskala festgelegt wird.

[1]) U. S. Commission of Fish and Fisheries. Part XXVI. Report of the Commissioner for 1900. Washington 1901.

Bemerkung zu Tafel VI.

Die Tafel enthält die Wiedergabe von Photographien lebender Eier von *Pleuronectes platessa* unter Beifügung der Tagesgrade, die zur Erzielung der betreffenden Stadien nöthig sind. (cf. p. 223, 24).

Durch ein Versehen des Lithographen ist Fig. 10 verkehrt eingesetzt.

Druck von Schmidt & Klaunig in Kiel.

MARINE BIOLOGICA
WOODS
LI
MASS

L. Handorff, Kiel.

J. Reibisch phot.

Nachtrag zu der Arbeit:

Ueber die

quantitative Untersuchung der kleineren Planktonorganismen in Bd. V der wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen

von

V. Hensen.

Das von mir S. 76 Bd. V beschriebene Netz bewährt sich für die Bestimmung der filtrirten Wassermenge und einen schonenden Fang der kleineren Organismen. Neben diesen wird freilich in den hiesigen Gewässern eine grosse Menge von kleinsten unbelebten Partikeln mit gefangen. Es hat sich der Uebelstand ergeben, dass die Schnur, an der das Netz gezogen wird, einen relativ zu dem Querschnitt des Netzkörpers, zu grossen Widerstand giebt. Sie wird in Folge dessen nicht etwa, wie ich vorläufig annahm, einigermaassen grade ausgestreckt, sondern sie verläuft in einem nach Oben convexen Bogen. Dies bedingt, dass man durch ihren Winkel: α an Bord nicht über den Tiefstand des Netzes Klarheit gewinnt. Dem Uebelstand würde abzuhelfen sein, wenn man ein manometrisch die Tiefe registrirendes leichtes Loth zu dem fischenden Netz längs der Schnur hinuntergleiten liesse und es alsdann wieder aufholte. Daraus würde die Tiefe, bis zu der das Netz bei der vorhandenen Schiffsgeschwindigkeit und der Länge der ausgegebenen Schnur sinkt, ein für alle Mal mit genügender Annäherung bestimmt werden können. Nicht fortzuschaffen ist der andere Uebelstand, dass in Folge des Widerstands der Schnur das Netz in der Tiefe, also bei langer Schnur, viel langsamer sinkt, als in geringerer Tiefe. Es sinkt bei gleichmässiger Ausgabe der Schnur in einem Bogen, der convex gegen den Meeresboden gekrümmt ist, es fischt also bei dem Absinken und dem Aufzug in den Tiefen viel längere Zeit, als an der Oberfläche. Da unzweifelhaft die bei weitem grössere Masse des Planktons dicht an der Oberfläche schwimmt, giebt daher die Menge des filtrirten Wassers kein richtiges Bild von der Menge des in einer entsprechenden vertikalstehenden Wassersäule enthaltenen Planktons. Man kann den schädlichen Bogen dadurch erheblich strecken, dass man das Gewicht mit entsprechend gestellten Flügeln versieht, die dann das Netz mit Macht und proportional der Geschwindigkeit des Zuges in die Tiefe pressen. Dabei wird aber die Stahlschnur ausserordentlich gespannt und man läuft Gefahr, das Netz zu verlieren. Daher halte ich diesen Weg nicht für gangbar und muss darauf verzichten, den Vertikalzug durch eine bequemere Art des Fanges zu ersetzen.

Da sich leicht eine Verschlusseinrichtung herstellen lässt, die sich nur öffnet, wenn der Zug einige Meter in der Sekunde beträgt, so kann man immerhin mit der angegebenen Einrichtung des Netzes in Tiefen bis zu 20 und 30 Metern horizontal fischen. Wir sind immer noch nicht so recht sicher orientirt

über die Verbreitung der lebenden Organismen nach der Tiefe, sowie über deren Steigen und Sinken. Wir werden auch ohne quantitative Bestimmungen nicht sicher darüber unterrichtet werden. Sollte ich noch wieder dazu kommen, in dieser Richtung zu arbeiten, so würde das mit diesem Apparat geschehen.

Bei dieser Gelegenheit möchte ich ein Paar Fehler meiner citirten Arbeit richtig stellen. Auf S. 77 habe ich nach einem Zahlenbeispiel den Winkel angegeben, unter dem das unbelastete Netz sinken würde. Dieser Winkel ist versehentlich viel zu gross gerechnet, da ich mit Kilogramm anstatt mit Grammen dividirt habe. Wenn das belastete Netz in einem Winkel von 46°, nicht 89° in die Tiefe geht, falls kein Gewicht an ihm hängt, geht es mit Gewicht unter dem viel spitzeren Winkel zwischen Schnur und Perpendikel von 28° in die Tiefe. Es wird also immer keine Gefahr bestehen, dass es den Boden berührt, wenn auch das Gewicht auf dem Boden schleift. Diese Sache hat aber wegen der Bucht der Schnur überhaupt keine Gefahr. Auf S. 74, Zeile 7 von Unten soll anstatt 4500 cm stehen: 450 cm.

Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen

herausgegeben

von der

Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel

und der

Biologischen Anstalt auf Helgoland.

Im Auftrage des

Königl. Ministeriums für Landwirthschaft, Domänen und Forsten und des Königl. Ministeriums der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten.

Neue Folge. Sechster Band.

Abtheilung Kiel.

Mit 6 Tafeln und 14 Figuren im Text.

Kiel und **Leipzig.**
Verlag von Lipsius & Tischer.
1902.

Verlag von Lipsius & Tischer in Kiel und Leipzig.

Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen.

Herausgegeben von der

Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel

und der

Biologischen Anstalt auf Helgoland.

Neue Folge. Gr. 4°.

Band I, Heft 1. 1894. VI, 404 Seiten mit 7 Tafeln und 41 Figuren im Text. *M.* 30.—.
do. Heft 2. 1896. XIII, 191, III S. mit 71 Abbildungen im Text, 8 Tabellen, 4 Tafeln und 1 Karte. *M.* 20.—.
Band II, Heft 1, Abt. 1. 1896. 324 Seiten mit 6 Tafeln und 4 Figuren im Text. *M.* 25.—.
do. do. Abt. 2. 1897. III, 255 Seiten mit 19 Tafeln und 32 Figuren im Text. *M.* 35.—.
do. Heft 2. 1897. 101 Seiten mit 20 Tafeln und 4 Figuren im Text. *M.* 16.—.
Band III, Abt. Helgoland, Heft 1. 1899. 125 Seiten mit 8 Tafeln und 46 Figuren im Text. *M.* 20.—.
do. do. Heft 2. 1900. IV, 280 Seiten mit 6 Tafeln, 20 Figuren im Text und zahlreichen Tabellen. *M.* 30.—.
do. Abt. Kiel. 1898. III, 157 Seiten mit 3 Tafeln und 12 Figuren im Text. *M.* 16.—.
Band IV, Abt. Helgoland, Heft 1. 1900. 140 Seiten mit 2 Tafeln und 11 Figuren im Text. *M.* 15.—.
do. do. Heft 2. 1900. V, 263 Seiten mit 8 Tafeln, 1 Karte und 4 Figuren im Text. *M.* 20.—.
do. Abt. Kiel. 1899. III, 253 Seiten mit 1 Tafel und 226 Figuren im Text. *M.* 20.—.
Band V, Abt. Kiel, Heft 1. 1900. IV, 96 Seiten mit 87 Figuren im Text. *M.* 8.—.
do. do. Heft 2. 1901. Mit 1 Karte und 96 Figuren im Text.

Jahresbericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere.

I. Jahrgang 1871. Mit 1 Seekarte und 1 Tafel Abbildungen. 1873. Fol. (178 S.) *M.* 15.—.
II./III. Jahrgang 1872, 1873. Mit 1 Seekarte, 16 Kupfertafeln und 9 Karten zur Fischerei-Statistik. 1875. Fol. (380 S.) *M.* 40.—.

Sonderausgaben:

Physik des Meeres. Von Dr. H. A. Meyer. . . . . *M.* 6.—.
Luft des Meerwassers. Von Dr. O. Jacobsen. . . . . „ 2.—.
Botanische Ergebnisse. Von Dr. P. Magnus. . . . . „ 4.—.
Zoologische Ergebnisse. Mit 6 Tafeln. . . . . „ 20.—.
Physikalische Beobachtungen. Von Dr. G. Karsten. . . . *M.* 2.—.
Befischung der deutschen Küsten. Von Dr. V. Hensen. . „ 10.—.
Die Diatomaceen. Von Ad. Schmidt. 1. Folge. Mit 3 Kupfertafeln. . . . . „ 4.—.

IV.—VI. Jahrgang 1874, 1875, 1876. Mit 10 Tafeln und 1 graph. Darstellung. 1878. Fol. (294 und 24 S.) *M.* 36.—.

sowie die Fortsetzung davon unter dem Titel:

Bericht der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel.

Vierter Bericht für die Jahre 1877—1881. 1884. Fol. (382 S.) *M.* 49.—.
I. Abtheilung 1882. (184 S.) „ 25.—.
II. „ 1883. (128 S.) „ 12.—.
III. „ 1884. (70 S.) „ 12.—.
Fünfter Bericht für die Jahre 1885—1886. 1887. (158 S.) „ 25.—.
Sechster Bericht für die Jahre 1887—1891. 1. Heft 1889. (XI, 102 S.) „ 12.—.
„ „ „ „ „ „ „ 2. „ 1890. (46 S.) „ 5.—.
„ „ „ „ „ „ „ 3. „ 1893. (108 S.) „ 10.—.

Ergebnisse der Beobachtungsstationen an den deutschen Küsten.

Jährlich 12 Hefte. Quer-Folio. **Jahrgang 1873—1893.** à Jahrg. *M.* 12.—.

Atlas deutscher Meeresalgen

Von Professor Dr. **Reinke** in Kiel.

1. Heft 1889. Fol. (38 S. und 25 Taf.) *M.* 30.—. **2. Heft, Lfg. 1 und 2, 1891.** Fol. (20 S. und 10 Taf.) *M.* 12.—.
2. Heft, Lfg. 3—5, 1892. Fol. (20 S. und 15 Taf.) *M.* 18.—.

Biologische Beobachtungen bei künstlicher Aufzucht des Herings der westlichen Ostsee.

Von Dr. **H. A. Meyer.**

Im Anschluss an die Abhandlung VII im IV.—VI. Jahresberichte der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere in Kiel. 8°. (20 S.) *M.* 1.—.

Gemeinfassliche Mittheilungen aus den Untersuchungen der Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere.

Herausgegeben im Auftrage des Königlichen Ministeriums für Landwirthschaft, Domänen und Forsten.
Mit 1 lithographischen Tafel. 1880. 8°. (56 S.) *M.* 1.50.

Die Fische der Ostsee.

Von Dr. **K. Möbius** und **Fr. Heincke.**

Mit Abbildungen aller beschriebenen Arten und einer Verbreitungskarte. 8°. (206 S.) (Sonder-Abdruck aus dem IV. Bericht der Kommission zur Untersuchung der deutschen Meere in Kiel.) *M.* 5.—.

Variation und Asymmetrie bei Pleuronectes flesus L.

(Statistisch untersucht.)

Von Dr. **Georg Duncker.**

74 S. 4°. Mit 4 Tafeln, 3 Figuren im Text, mehreren Text- und 7 Anhangstabellen. (Sonder-Abdruck aus „Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen". N. F. III. Bd., Abt. Helgoland, Heft 2.) *M.* 10.—.

Seit Herbst 1892 erscheinen im Verlage von **Lipsius & Tischer** in **Kiel** und **Leipzig:**

Ergebnisse

der

in dem Atlantischen Ocean

von Mitte Juli bis Anfang November 1889

ausgeführten

Plankton-Expedition der Humboldt-Stiftung

auf Grund von

gemeinschaftlichen Untersuchungen einer Reihe von Fach-Forschern

herausgegeben von

Victor Hensen,

Professor der Physiologie in Kiel.

Auf dieses für die Wissenschaft hochbedeutsame Werk erlauben wir uns ganz ergebenst aufmerksam zu machen.

Das Werk genügt, abgesehen von seiner hohen Bedeutung für die Wissenschaft, was äussere Ausstattung, Papier, Druck, künstlerische Vollendung und Naturtreue der Illustrationen und Tafeln anbelangt, den höchsten Anforderungen. Auf die Ausführung haben wir ganz besondere Sorgfalt verwandt und mit der Herstellung der Tafeln sind nur erste Kunstanstalten betraut worden.

In die Reisebeschreibung sind eine grosse Anzahl von Bildern, nach Originalzeichnungen des Marinemalers Richard Eschke, der an der Expedition theilgenommen, eingestreut.

Es ist uns zur Zeit noch nicht möglich, hinsichtlich einer genauen Preisangabe für das ganze Werk bindende Angaben zu machen. Die Preisnormirung wird ganz von dem jedesmaligen Umfang der einzelnen Abhandlungen, von den Herstellungskosten der Tafeln und den Schwierigkeiten, die mit der Vervielfältigung derselben verbunden sind, abhängig sein. Doch wird bei der Drucklegung des Werkes die dem ganzen Unternehmen gewährte Unterstützung auch auf die Preisnormirung nicht ohne Einfluss sein und dürfen die für derartige Publikationen üblichen Kosten nicht überschritten werden.

Die Abonnenten, welche sich für die Abnahme des **ganzen Werkes** verpflichten, also in erster Linie Bibliotheken, botanische und zoologische Institute, Gelehrte etc. haben Anspruch auf einen um **10 Prozent ermässigten Subskriptionspreis** und sollen deren Namen bei Ausgabe des Schlussheftes in einer Subskribentenliste veröffentlicht werden. Um ein wirklich vollständiges Verzeichniss der Abnehmer zu erhalten, ersuchen wir dieselben, die **Bestellung** direkt an uns einsenden zu wollen, auch wenn die **Lieferung** nicht direkt von uns, sondern durch eine andere Buchhandlung gewünscht wird. Im letzteren Falle werden wir, dem Wunsche der Subskribenten gemäss, die Lieferung der bezeichneten Buchhandlung überweisen. Behufs näherer Orientirung steht ein umfassender Prospectus gratis und portofrei zu Diensten.

Die im nachstehenden Inhaltsverzeichniss unterstrichenen Abtheilungen sind bis jetzt (April 1901) erschienen:

Theil-bezeichnung		Preis Für Abnehmer des Ganzen		Preis Bei Einzelbezug	
A.	Reisebeschreibung nebst Anfügungen einiger				
	Ergebnisse der Untersuchungen	27	—	30	—
B.	Methodik der Untersuchungen	21	60	24	—
C.	Geophysikalische Beobachtungen	9	—	10	—
D.	Fische				
E. a. A.	Thaliaceen	1	80	2	—
E. a. B.	Verteilung der Salpen	6	75	7	60
E. a. C.	Verteilung der Doliolen	7	75	8	60
E. b.	Pyrosomen	10	80	12	—
E. c.	Appendicularien	27	—	30	—
F. a.	Cephalopoden				
F. b.	Pteropoden				
F. c.	Heteropoden				
F. d.	Gastropoden mit Ausschluss der Heteropoden				
	und Pteropoden	30	—	33	60
F. e.	Acephalen	5	40	6	—
F. f.	Brachiopoden	1	80	2	—
G. a.	Halobatiden und Halacarinen	14	40	16	—
G. b.	Decapoden und Schizopoden	12	60	14	—
G. c.	Isopoden, Cumaceen und Stomatopoden	12	60	14	—
G. d.	Cladoceren und Cirripedien	6	75	7	60
G. e. I.	Amphipoden I. Theil				
G. e. II.	„ II. Theil				
G. f.	Copepoden				
G. g.	Ostracoden				
H. a.	Rotatorien				
H. b.	Alciopiden und Tomopteriden	14	40	16	—
H. c.	Pelagische Phyllodociden und Typhloscoleciden	9	—	10	—
H. d.	Pelagische Polychaeten und Achaetenlarven	6	75	7	50
H. e.	Sagitten				

Theil-bezeichnung		Preis Für Abnehmer des Ganzen		Preis Bei Einzelbezug	
H. f.	Polycladen	1	80	2	—
H. g.	Turbellaria acoela	5	40	6	—
J.	Echinodermenlarven	15	—	16	60
K. a.	Ctenophoren	4	50	6	—
K. b.	Siphonophoren	14	40	16	—
K. c.	Craspedote Medusen und Hydroidpolypen	12	60	14	—
K. d.	Akalephen	7	20	8	—
K. e.	Anthozoen	28	80	32	—
L. a.	Tintinnen				
L. b.	Holotriche und peritriche Infusorien, Acineten				
L. c.	Foraminiferen				
L. d.	Thalassicollen, koloniebildende Radiolarien				
L. e.	Spumellarien				
L. f.	Akantharien				
L. g.	Monopylarien				
L. h.	Tripyleen				
L. i.	Taxopoden und neue Protozoën-Abteilungen				
M. a. A.	Peridineen, allgemeiner Theil	34	20	38	—
M. a. B.	Peridineen, spezieller Theil				
M. b.	Dictyocheen				
M. c.	Pyrocysteen				
M. d.	Bacillariaceen				
M. e.	Halosphaereen				
M. f.	Schizophyceen				
M. g.	Bakterien des Meeres	5	40	6	—
N.	Cysten, Eier und Larven				
O.	Uebersicht und Resultate der quantitativen				
	Untersuchungen				
P.	Oceanographie des atlantischen Oceans				
Q.	Gesammt-Register				

Verlag von Lipsius & Tischer in Kiel und Leipzig.

Das

Süsswasserplankton.

Methode und Resultate der quantitativen Untersuchung

von Dr. **Carl Apstein.**

Mit 113 Abbildungen u. vielen Tabellen. VI, 201 S. gr. 8°. Preis M. 7.20.

Biologische Studien

über die

Fauna der Kieler Föhrde

(158 Reusenversuche)

von Dr. **Emil Buerkel,** Kaiserl. Marine-Assistenzarzt d. R.

Mit 1 farb. Karte, 3 Tafeln u. 7 Tabellen. 55 S. Lex. 8°. Geheftet M. 5.—; elegant gebunden M. 6.—.

Die Plankton-Expedition u. Haeckel's Darwinismus.

Über einige Aufgaben und Ziele der beschreibenden Naturwissenschaften

von Professor Dr. **V. Hensen.**

Mit 2 Steindrucktafeln. 87 S. gr. 8°. Preis M. 3.—.

Ueber den

Bau der Corallenriffe und die Planktonvertheilung

an den Samoanischen Küsten

nebst vergleichenden Bemerkungen

von Dr. **Augustin Krämer,** Marinestabsarzt.

Mit einem Anhang:

Ueber den Palolowurm

von Dr. **A. Collin.**

Mit 34 Abbildungen u. Karten u. vielen Tabellen. 186 Seiten gr. 8°. Preis M. 6.—.

Analytische Plankton-Studien.

Ziele, Methoden und Anfangs-Resultate der quantitativ-analytischen Planktonforschung

von Privatdozent Dr. **Franz Schütt.**

Mit 16 Tabellen u. 1 farbigen Karte. VIII, 117 S. gr. 8°. Preis M. 3.—.

MBL WHOI Library - Serials
5 WHSE 03011